

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

HISTOIRE DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE GENTILLY-1

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCE, TECHNOLOGIE ET SOCIÉTÉ

PAR MAHDI KHELFAOUI

MARS 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

AVANT-PROPOS

Je remercie mon directeur de recherche, Yves Gingras, pour avoir généreusement mis à ma disposition l'ensemble de ses archives classées sur le réacteur de Gentilly-1. Il m'a ainsi épargné bien des déplacements et fait gagner un temps précieux. Je le remercie surtout pour les nombreux conseils qu'il m'a prodigués ainsi que les corrections qu'il a apportées aux versions préliminaires de ce mémoire.

Je tiens également à saluer toutes les personnes que j'ai pu côtoyer au Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie (CIRST), un lieu que j'ai découvert intellectuellement stimulant et humainement chaleureux.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES ACRONYMES	vii
RÉSUMÉ	ix
INTRODUCTION	1
0.1 Problématique.....	3
CHAPITRE I	
REVUE DE LITTÉRATURE, MISE EN CONTEXTE ET SOURCES.....	6
1.1 Revue de littérature	6
1.1.1 Le déterminisme technologique	7
1.1.2 La construction sociale des technologies : le modèle SCOT	9
1.1.3 Les systèmes technologiques complexes	12
1.1.4 La théorie de l'acteur-réseau	14
1.1.5 Synthèse.....	15
1.1.6 La notion d'«échec technologique»	17
1.1.7 Prises de décisions: le rôle des facteurs contingents	21
1.2 Le projet Gentilly-1 mis en contexte.....	23
1.2.1 Structure de l'industrie nucléaire canadienne	23
1.2.2 Contexte d'innovation	24
1.2.3 Contexte économique, politique et social.....	25
1.3 Sources et archives	29
CHAPITRE II	
LE CADRE DE DÉPART DE L'AVENTURE BLW AU SEIN D'ÉACL	31
2.1 Introduction	31

2.2	Les réacteurs à eau lourde pressurisée et le partenariat ÉACL/O-H.....	33
2.3	Le partenariat ÉACL/CGE	39
2.3	Les concepts alternatifs au PHW.....	42
2.4	Les réacteurs refroidis à l'eau légère.....	46
2.5	Le BLW: des promesses et des incertitudes.....	50
2.6	Le BLW: du concept au prototype	55
2.7	Conclusion.....	57
CHAPITRE III		
	LE PROJET BLW ET L'ENTRÉE D'HQ DANS L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE	60
3.1	Introduction	60
3.2	Les débuts d'HQ dans le nucléaire.....	61
3.3	La stratégie nucléaire d'HQ	66
3.4	L'annonce de Gentilly-1.....	72
3.5	La poursuite des recherches autour du concept BLW.....	74
3.6	Conclusion.....	81
CHAPITRE IV		
	VIES ET MORT DE GENTILLY-1	84
4.1	Introduction	84
4.2	Gentilly-1 en période de «rodage»	85
4.3	Pénurie d'eau lourde et annonce de Gentilly-2	89
4.4	Le projet BLW(PB).....	95
4.5	Le projet «La Prade» et le redémarrage de Gentilly-1	99
4.6	La politique nucléaire québécoise dans les années soixante-dix.....	105
4.7	La fin de Gentilly-1	116
4.8	Conclusion.....	120
	CONCLUSION.....	123
	BIBLIOGRAPHIE.....	128
	ANNEXE A	139

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
4.1	Total des journées d'opération de la centrale de Gentilly-1 entre octobre 1971 et mai 1972 88
4.2	Plan d'équipement d'HQ pour la période 1985-2000 111
4.3	Prévision de la croissance de la demande d'électricité en 1975 pour la période 1985-2000 et évolution de la croissance réelle..... 111
4.4	Prêts du gouvernement fédéral à ÉACL pour la construction et l'opération de Gentilly-1 117
4.5	Historique de l'opération de Gentilly-1 (1972-1977)..... 122
A.1	Évolution des ventes annuelles d'électricité au Québec et de la croissance de consommation correspondante (période 1985-2000) 139

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
2.1	Vue schématique de la centrale de Gentilly-1	58
2.2	Vue schématique du bâtiment réacteur de Gentilly-1	59
3.1	Vue extérieure du bâtiment réacteur de Gentilly-1 en construction	80
4.1	Vue aérienne des centrales nucléaires de Gentilly-1 et Gentilly-2	95

LISTE DES ACRONYMES

AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
BLW	Boiling Light Water
BLW(PB)	Boiling Light Water (Plutonium Breeder)
C.A.	Conseil d'Administration
CANDU	Canadian Deuterium Uranium
CAPD	Civilian Atomic Power Division
CCEA	Commission de Contrôle de l'Énergie Atomique
CPDQ	Conseil de Planification et de Développement du Québec
CGE	Canadian General Electric
CNR	Conseil National de la Recherche
CRV	Coefficient de Réactivité du Vide
ÉACL	Énergie Atomique du Canada Limitée
G-1	Gentilly-1
HQ	Hydro-Québec
HWR	Heavy Water Reactor
IGN	Institut de Génie Nucléaire
MEL	Montreal Engineering Limited
MWe	Mégawatts électriques
MWt	Mégawatts thermiques
NPD	Nuclear Power Demonstration
NPG	Nuclear Power Group
NRU	National Research Universal
NRX	National Research eXperimental

OCDR	Organic Coolant Deuterium Reactor
O-H	Ontario-Hydro
PHW	Pressurized Heavy Water
PQ	Parti Québécois
PRDPC	Power Reactor Development Program Evaluation Committee
PRG	Power Reactor Group
R&D	Recherche et Développement
SGHWR	Steam-Generating Heavy Water Reactor
SLOWPOKE	Safe Low-Power Kritical Experiment
SNC	Surveyer, Nenninger & Chênevert
USAEC	United States Atomic Energy Commission
ZEEP	Zero Energy Experimental Pile

RÉSUMÉ

Ce mémoire de maîtrise étudie l'histoire de la centrale nucléaire de Gentilly-1, située au Québec, proche de la ville de Trois-Rivières. Ce projet conjoint entre Énergie Atomique du Canada Limitée (ÉACL) et Hydro-Québec (HQ) s'est étalé du début des années soixante jusqu'au milieu de années quatre-vingt.

Contrairement aux réacteurs canadiens classiques, modérés et refroidis à l'eau lourde, Gentilly-1 reposait sur un concept ayant recours à de l'eau bouillante légère comme refroidisseur. Cette particularité était supposée lui conférer une série d'avantages, notamment au niveau des économies de coûts d'exploitation qu'elle devait permettre. Si l'on était confiant, au sein d'ÉACL, en la faisabilité scientifique et technique du concept, il n'en demeurait pas moins que des incertitudes persistaient sur la capacité à contrôler un réacteur de ce type. Cette problématique allait ressurgir plusieurs fois, tout au long du déroulement du projet.

En septembre 1966, à la signature du contrat pour la construction de la centrale, ÉACL voyait en Gentilly-1 un prototype pouvant servir de base au développement d'une nouvelle filière commerciale. Tandis que chez HQ, on y percevait le moyen de s'aguerrir à la technologie de l'atome dans la perspective de développer un programme électronucléaire autonome. Opérée à partir de novembre 1970, Gentilly-1 a cependant connu des problèmes chroniques de fonctionnement et n'a produit de l'électricité que de façon très sporadique. Après avoir vu son statut et ses objectifs plusieurs fois redéfinis, elle a été définitivement mise à l'arrêt en 1981 puis déclassée en 1986.

Si l'expérience de Gentilly-1 est communément considérée comme un «échec technologique», il apparaît évident qu'au-delà des problèmes techniques rencontrés, des facteurs sociopolitiques, économiques et commerciaux ont également fortement influencé le déroulement du projet. L'analyse de ces facteurs permet de faire du projet Gentilly-1 une histoire qui dépasse le simple cadre technique et qui englobe des enjeux beaucoup plus vastes. Elle démontre également l'importance de la prise en compte des facteurs contingents dans les trajectoires que prennent les grands projets technologiques.

Mots-clés : Gentilly-1, ÉACL, Hydro-Québec, Nucléaire, Québec, Innovation, Échec technologique.

INTRODUCTION

Au Canada, l'origine de la recherche scientifique en physique nucléaire remonte aux travaux pionniers sur la désintégration atomique menés, au début du 20^{ème} siècle, par Ernest Rutherford à l'Université McGill¹. Les travaux de recherche reliés aux applications technologiques de l'énergie nucléaire voient quant à eux le jour, quelques décennies plus tard, dans le contexte agité de la seconde guerre mondiale. La découverte, en 1938, du phénomène de fission de l'uranium par les chimistes allemands Otto Hahn et Fritz Strassmann², puis la mise en évidence du principe de réaction en chaîne, en 1939, par le physicien français Frédéric Joliot³, peuvent être considérés comme les deux éléments déclencheurs des recherches déployées à grande échelle pour le développement du potentiel énergétique de l'atome.

À la fin de l'année 1942, à l'instigation des autorités britanniques et en collaboration avec le gouvernement du Canada, un laboratoire de recherche, dédié à l'effort de guerre allié dans la fabrication de la bombe atomique, est secrètement monté dans les locaux de l'Université de Montréal. Les travaux de l'équipe montréalaise sont orientés vers la construction d'un réacteur nucléaire modéré à l'eau lourde et se concrétisent le 5 mars 1945 par la mise en service du réacteur

¹ Chartrand, Luc, Raymond Duchesne et Yves Gingras, *Histoire des sciences au Québec*, Montréal: Boréal, 1987, pp. 394-401.

² Badash, L., E. Hodes and A. Tiddens, «Nuclear Fission: Reaction to the Discovery in 1939», *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 130, No. 2 (Jun., 1986), p. 220.

³ Weart, Spencer, *La Grande Aventure des Atomistes Français*, Paris: Fayard, 1980, p. 176.

expérimental ZEEP⁴, dans les laboratoires de Chalk River, en Ontario. Cette réalisation, puis la construction, en 1947, du réacteur de recherche NRX⁵, marquent les débuts de l'aventure industrielle électronucléaire canadienne, qui prendra réellement son essor en 1952 avec la création d'Énergie Atomique du Canada Limitée (ÉACL). Cette compagnie publique, administrée par le gouvernement fédéral, sera responsable de la recherche, du développement et de la commercialisation de la technologie nucléaire civile canadienne et notamment de la filière des réacteurs CANDU⁶.

C'est au cours des années cinquante que l'énergie nucléaire comme source d'électricité voit sa possibilité se rapprocher graduellement de la réalité. À la fin de cette décennie, même si les Américains ont déjà pris de l'avance, ÉACL croit qu'elle est toujours dans la course pour la conquête des marchés de l'énergie, surtout du marché intérieur, grandissant selon les prévisions de l'époque⁷. À cette époque, le programme d'ÉACL en matière d'énergie nucléaire est déjà orienté vers le concept HWR et plus particulièrement vers la technologie PHW⁸, développée de concert avec la compagnie Ontario-Hydro (O-H). Le concept PHW sera éprouvé, dans les années soixante, en Ontario, via deux réacteurs prototypes, le NPD⁹ et Douglas Point. La première unité commerciale sera mise en opération, en 1971, à Pickering.

Simultanément au volet PHW, ÉACL entrevoit, vers la fin des années cinquante, la possibilité de s'engager dans le développement de différents concepts

⁴ Zero Energy Experimental Pile.

⁵ National Research eXperimental.

⁶ CANada Deuterium Uranium.

⁷ Rapport ÉACL, *Power Reactor Development Evaluation*, AECL-1730, mai 1963, pp. 1-2.

⁸ Le terme HWR, pour Heavy Water Reactor, est générique en ce sens qu'il fait référence à la famille des réacteurs nucléaires modérés à l'eau lourde. Le PHW, pour Pressurized Heavy Water, est une variante dans cette famille : il est modéré à l'eau lourde et refroidi à l'eau lourde pressurisée. Le BLW, pour Boiling Light Water, quant à lui, est un HWR mais refroidi à l'eau légère. Pour l'histoire des débuts d'ÉACL, voir les premiers chapitres du livre de Robert Bothwell, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal: Agence d'Arc, 1988, 558 p.

⁹ Nuclear Power Demonstration.

alternatifs plus attrayants commercialement. Une des possibilités qui va devenir la plus intéressante aux yeux des ingénieurs et scientifiques d'ÉACL sera le concept de réacteur BLW. Cette technologie sera mise en application au Québec, avec la collaboration d'Hydro-Québec (HQ), à travers la centrale nucléaire de Gentilly-1 (G-1). C'est l'histoire de cette centrale, depuis le commencement des travaux de recherche et développement (R&D) au sein d'ÉACL, au début des années soixante, jusqu'à l'annonce de sa mise à l'arrêt définitif, au début des années quatre-vingt, qui fait l'objet de ce mémoire.

0.1 Problématique

Ce mémoire de maîtrise a plusieurs objectifs. Premièrement, celui de couvrir la naissance et le développement de la technologie électronucléaire au Québec. Jusqu'à présent, ce sujet n'a pas été, ou alors très partiellement, traité par des études socio-historiques. L'étude de l'histoire de la centrale de Gentilly-1 permet de revenir à ses origines puisque le projet lui-même constitue la première initiative menée par HQ pour s'approprier la technologie nucléaire.

Le deuxième objectif de ce mémoire est de mettre en lumière les facteurs qui ont été à l'origine de l'abandon du projet de Gentilly-1. Au-delà des problèmes techniques rencontrés lors du projet, des facteurs politiques, économiques et commerciaux ont également fortement influencé son déroulement. Cela n'a rien d'étonnant dans la mesure où les grands projets technologiques modernes comportent des enjeux qui sont de nature autant scientifique et technique que politique, sociale et économique. En suivant, pas à pas, l'évolution du projet Gentilly-1, il est possible d'observer la manière dont ces facteurs sont intervenus pour modeler sa trajectoire et de déterminer si certains ont été plus cruciaux que d'autres et à quels moments.

En troisième lieu, l'étude des facteurs qui ont été à l'origine de l'abandon de Gentilly-1 nous donne également l'occasion d'analyser et de critiquer la notion d'«échec technologique». Cette notion implique implicitement une compréhension

déterministe de l'innovation, compréhension selon laquelle dans chaque technologie serait inscrit une inertie qui la mènerait fatalement soit au succès soit à l'échec. S'appuyant sur l'exemple de Gentilly-1, nous montrerons que, dans les faits, une telle notion fait voir une dynamique de la science et de la technologie qui ne reflète pas toute la complexité de ce qui se manifeste sur le terrain.

Enfin, l'étude du projet de Gentilly-1 permet de souligner l'aspect d'imprévisibilité et de risque inhérent à tout grand projet technologique, généralement masqué derrière des discours de rationalisation tenus par des décideurs guidés autant par les dimensions techniques des projets que par leurs implications politiques. La trajectoire du projet Gentilly-1 n'a pas seulement été la résultante de décisions rationnelles et planifiées à long terme; elle a également été modelée par des événements circonstanciels et imprévisibles, composés autant de problèmes techniques que de stratégies politiques ou économiques. Ces événements, lorsque mis bout à bout, constituent l'histoire de Gentilly-1.

Ce mémoire comporte quatre chapitres. Le premier présente, dans un premier temps, une revue de littérature des auteurs et des travaux, relatifs à l'articulation entre le monde technique et le monde social, que nous avons jugés pertinents pour notre projet de recherche. Résultant d'un processus sociotechnique complexe, le réacteur de Gentilly-1 ne s'est pas construit en vase clos et a mobilisé des acteurs et des ressources provenant de différentes sphères. La deuxième partie du premier chapitre est donc consacrée à la présentation du contexte politique, économique et social dans lequel s'insère le projet. Le second chapitre est consacré aux débuts et aux développements du projet BLW au sein d'ÉACL, de la fin des années cinquante au milieu des années soixante. Le caractère expérimental du projet sera souligné ainsi que les motivations économiques et politiques d'ÉACL derrière sa mise sur pied. Le troisième chapitre relate l'entrée d'HQ dans l'industrie nucléaire canadienne et la nature de ses objectifs, à court et à long terme, quant à l'acquisition de Gentilly-1 et à la maîtrise de la technologie électronucléaire. Ce chapitre couvre les relations et le

partenariat entre HQ et ÉACL autour du projet BLW-250, en partant des premiers contacts établis en 1963 jusqu'à la mise en service de Gentilly-1 en 1970. Il décrit également la poursuite des recherches menées par EACL sur le concept BLW, à partir de mai 1965, après l'annonce de l'accord sur la construction de la centrale. Le quatrième et dernier chapitre s'intéresse à la période d'exploitation du réacteur, de 1970 à 1986; il traite des différents facteurs, techniques, économiques et politiques ainsi que des événements qui ont mené à la réévaluation des objectifs de la centrale, jusqu'à son abandon définitif. Finalement, la conclusion récapitule les principaux éléments qui rendent compte de la trajectoire technologique de la centrale de Gentilly-1 et rappelle l'importance des contingences économiques et politiques dans le devenir d'une technologie.

CHAPITRE I

REVUE DE LITTÉRATURE, MISE EN CONTEXTE ET SOURCES

Ce chapitre fait, en premier lieu, un survol de la littérature en histoire et sociologie des technologies dans laquelle s'insère l'étude de la centrale nucléaire de Gentilly-1. En deuxième lieu, il replace le projet G-1 dans le contexte politique et socio-économique, tant au niveau fédéral que provincial, où il a émergé. La troisième partie est consacrée à la présentation des sources primaires exploitées pour la réalisation de ce mémoire.

1.1 Revue de littérature

L'étude de la centrale de Gentilly-1 consiste à faire l'histoire d'un projet technologique complexe. Ce projet ne s'est pas construit en vase clos; les importantes ressources matérielles et humaines qu'il a mobilisées proviennent de divers milieux: politiques, économiques et sociaux ou scientifiques et techniques.

Diverses approches théoriques mettent en scène la manière dont facteurs techniques et facteurs sociaux s'articulent dans des processus complexes de maîtrise de technologie. Quelques-unes sont brièvement abordées dans les sections qui suivent: l'approche dite du « déterminisme technologique », celle dite de « la construction sociale des technologies », des « systèmes technologiques complexes » et de « l'acteur-réseau ». Puisque la centrale de Gentilly-1 est communément considérée comme un projet d'innovation technologique qui a « échoué », la dernière section revient sur les implications de la notion d'échec technologique et en fait la critique.

1.1.1 Le déterminisme technologique

La thèse du déterminisme technologique repose sur deux énoncés: premièrement, que la technologie fonctionne selon une logique indépendante de la sphère sociale; deuxièmement, que le développement technologique détermine lui-même la logique qui anime les changements sociaux¹. Cela implique, d'une part, que le progrès technique suit un cours unilinéaire, évoluant de façon incrémentale vers des configurations de plus en plus sophistiquées et que, d'autre part, les institutions sociales doivent s'adapter aux impératifs de la technologie².

Dans ce contexte, la réussite ou l'échec d'un projet technologique ne peuvent être mis en relation qu'avec des facteurs techniques. On évolue ici dans un monde clos, qui n'est pas sans rappeler la vision internaliste du développement scientifique³, où la technologie est le moteur de son propre développement. Cette conception aboutit à une histoire technique des techniques ou une histoire du «tout-technique»⁴, dans laquelle les facteurs sociaux, économiques ou politiques ne sont pas pris en compte.

L'emprise de la technique sur le social conduit à l'idée d'« autonomie de la technologie » que Langdon Winner décrit comme étant: «the belief that somehow technology has gotten out of control and follows its own course, independent of human direction»⁵. Les systèmes technologiques, telles que les usines d'assemblage

¹ Feenberg, Andrew, «Democratic Rationalization», in Kaplan, David M., *Readings in the Philosophy of Technology*, Oxford: Rowman & Littlefield, 2004, p. 212.

² *Ibid.*

³ La vision internaliste du développement scientifique soutient que le processus de production des connaissances scientifiques est complètement indépendant de facteurs externes au monde scientifique et se limite à un dialogue entre le scientifique et la nature. Voir Callon, Michel, «Four Models for the Dynamics of Science», in Jasanoff, Sheila and al. (Eds), *Handbook of Science and Technology Studies*, London: Sage, 1995, pp. 30-36.

⁴ Flichy, Patrice, *L'innovation technique*, Paris: La Découverte, 2003, p.35.

⁵ Winner, Langdon, *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*, Cambridge: MIT Press, 1977, p.13.

ou les centrales électriques, deviennent des facteurs d'organisation sociale⁶, allant même jusqu'à engendrer, dans certains cas, un type de gestion hiérarchisé et centralisé qui leur confère une dimension politique⁷.

Lynn White, dans une étude sur l'introduction de l'étrier dans les sociétés médiévales, montre comment cet objet technique, à priori mineur, en raffermissant l'assise des cavaliers sur leurs montures et en facilitant le maniement des armes à cheval, a créé une nouvelle catégorie sociale, celle des guerriers professionnels⁸. De son côté, Robert Heilbroner, même s'il présente une vision nuancée du déterminisme technologique, voit le changement technique comme moteur des économies basées sur la maximisation de la production et la minimisation des coûts⁹.

Le déterminisme technologique a été critiqué parce qu'il explique *a posteriori* les raisons du succès ou de l'échec d'une technologie¹⁰. Il fournirait ainsi un compte-rendu asymétrique de l'histoire de technologies rivales, en donnant des raisons différentes de leur échec ou de leur réussite¹¹. Il ne permet pas non plus de comprendre pourquoi des technologies identiques produisent des effets différents d'un contexte à un autre. À l'opposé de cette vision, une étude de David Noble fournit un compte-rendu symétrique de l'introduction aux États-Unis, dans la période de l'après-guerre, de deux technologies rivales dans l'industrie métallurgique: les machines automatiques analogiques (general-purpose machine tools) et les machines

⁶ Winner affirme que: «The direction of governance flows from the technical condition to people and their social arrangements, not the other way around.», *Ibid.*, p.202.

⁷ Winner, Langdon, «Do Artifacts Have Politics?» in Mackenzie, Donald and Judy Wajcman (Eds.), *The Social Shaping of Technology*, Philadelphia: Open University Press, 1985, p. 34.

⁸ White, Lynn, *Medieval Technology and Social Change*, Oxford: Clarendon Press, 1962, cité dans Flichy, Patrice, *L'innovation technique*, Paris: La Découverte, 2003, p.46.

⁹ Heilbroner, Robert, «Do Machines Make History», *Technology and Culture*, Vol. 8, No. 3 (Jul. 1967), p. 345.

¹⁰ Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, «The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other», *Social Studies of Science*, Vol. 14, No. 3 (Aug., 1984), p. 406.

¹¹ Flichy, Patrice, *op. cit.*, p. 37.

automatiques à commandes numériques (numerical-control machine tools)¹². L'utilisation des machines analogiques nécessite les habiletés et les connaissances tacites de techniciens qualifiés. Les machines à commandes numériques réduisent, quant à elles, le rôle de ces techniciens au minimum, diminuant ainsi les risques d'erreurs humaines¹³. David Noble démontre que les machines à commandes numériques s'imposent finalement, non pas pour des raisons techniques, mais parce qu'elles permettent une plus grande emprise du capital sur le processus de production, accentuant, par la réduction des qualifications, la dépendance des techniciens au patronat¹⁴.

L'approche que nous décrivons est d'ailleurs qualifiée de déterminisme «technologique» à cause de son ignorance de l'influence qu'exercent les facteurs sociaux sur le développement technologique. Cette critique a notamment été adressée par les auteurs représentant le modèle de «la construction sociale des technologies». Par l'entremise de plusieurs études de cas, ces derniers ont montré que l'influence des facteurs sociaux est tout aussi importante, voir prédominante, dans le processus d'élaboration d'un objet technologique, dans son adoption comme dans son rejet¹⁵.

1.1.2 La construction sociale des technologies : le modèle SCOT

La théorie de la construction sociale des technologies (SCOT: Social Construction Of Technology) a été élaborée par Trevor Pinch et Wiebe Bijker. Elle

¹² Noble, David, *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*, New York: Alfred Knopf, 1984, 427 p.

¹³ *Ibid.*, pp. 80-84.

¹⁴ *Ibid.*, pp. 338-339.

¹⁵ Voir notamment: Bijker, Wiebe, Thomas P. Hughes and Trevor J. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge: MIT Press, 1987; Bijker, Wiebe, *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge: MIT Press, 1995 et Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, «The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other», *Social Studies of Science*, Vol. 14, No. 3 (Aug., 1984), pp. 399-441.

se distingue du déterminisme technologique par un renversement de la relation entre les facteurs techniques et les facteurs sociaux. Ce n'est plus, comme dans la théorie précédente, la technique qui détermine le social, mais le social qui façonne la technique. L'approche du constructivisme social ne se contente d'ailleurs pas d'indiquer que les objets techniques sont modifiés par l'intervention de facteurs sociaux, mais que l'objet technologique devient lui-même un objet social: «In the social constructivist approach, the key point is not that the social is given any special status behind the natural; rather, it is claimed that there is nothing but the social: socially constructed natural phenomena, socially constructed social interests, socially constructed artifacts, and so on»¹⁶.

Tout d'abord, la théorie « SCOT » refuse le modèle linéaire de l'innovation où l'on passe de la recherche fondamentale à la mise en œuvre sur le marché, en passant par les étapes de la recherche appliquée, du développement technique et de la production. Elle construit plutôt un modèle multidirectionnel où la technique évolue simultanément dans plusieurs directions¹⁷. Son modèle propose de retracer les diverses variantes d'un même objet et d'expliquer pourquoi certaines versions survivent et d'autres disparaissent. Pour chaque artefact technique, sont déterminés des *cadres sociotechniques* qui constituent l'environnement cognitif et social au sein duquel concepteurs, usagers ou autres groupes sociaux, répartis dans différents groupes, participent à façonner l'objet technique¹⁸. Dans un processus itératif de variation et de sélection, chaque groupe définit les lacunes observées dans l'objet puis les modifications qu'il souhaite y apporter. Compte tenu de ses propres représentations, chaque groupe propose les arrangements qui concordent avec ses intérêts et donc avec ses préoccupations. Pinch et Bijker introduisent la notion de

¹⁶ Bijker, Wiebe and al., *op. cit.*, p. 109.

¹⁷ Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, *op. cit.*, p. 411.

¹⁸ Flichy, Patrice, *op. cit.*, p. 85.

*flexibilité interprétative*¹⁹ pour illustrer cette capacité à percevoir différemment la finalité de l'objet et à en produire matériellement diverses versions. Les facteurs extra-techniques prennent ici toute leur place dans le débat puisque les arguments avancés pour favoriser la version d'un objet par rapport à un autre sont rarement liés à des considérations de performances techniques, comme les deux auteurs le démontrent, par exemple, dans le cas de l'invention de la bicyclette²⁰.

La diversité des designs et des points de vue met plusieurs versions d'un même objet en concurrence, menant ainsi à des controverses sociotechniques qui seront résolues par des mécanismes sociaux de conflit et de négociation. Les négociations en cours entre les divers groupes sociaux mènent à une *stabilisation* graduelle de l'objet vers une seule version et l'atteinte d'un consensus autour de celle-ci. Le modèle de controverse de la théorie SCOT fait référence à celui des controverses scientifiques. Dans ce dernier modèle, le consensus est, la plupart du temps, établi au sein d'un groupe restreint de scientifiques (le noyau central ou *core-set*²¹, tel que défini par Harry Collins) s'intéressant au même problème. Dans le domaine technique, la situation est différente puisqu'il faut analyser le processus de stabilisation de l'objet dans plus d'un groupe social. Selon Pinch et Bijker, l'émergence d'un consensus se fait principalement par deux mécanismes: la clôture rhétorique où, sans qu'une réponse concrète à la préoccupation d'un groupe social n'ait été apportée, ce dernier perçoit le problème comme étant réglé; la clôture par redéfinition du problème où un groupe social, n'arrivant pas à stabiliser complètement un objet, s'associe à un groupe plus large ou plus puissant pour y parvenir²².

¹⁹ Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, *op. cit.*, p. 419.

²⁰ Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, *op. cit.*

²¹ Collins, Harry, *Changing Order*, London: Sage, 1985, pp. 142-152.

²² Misa, Thomas J. «Controversy and Closure in Technological Change: Constructing "Steel"», in Bijker, Wiebe et John Law (Eds.), *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge: MIT Press, 1992, p. 110.

1.1.3 Les systèmes technologiques complexes

S'inscrivant dans la veine constructiviste, Thomas P. Hughes s'intéresse à l'étude de systèmes technologiques complexes tels que les grands réseaux électriques²³. Il voit les systèmes technologiques comme des structures hiérarchiquement emboîtées et composées de sous-systèmes interdépendants qui communiquent par interface. Ils incorporent des composantes physiques (moteurs, turbines, vannes, etc) et sociales (banques, syndicats, systèmes juridiques, etc.) qui sont inter-reliées dans le processus de construction. Ce processus soulève donc simultanément des enjeux techniques, politiques, sociaux et économiques. Les composantes, techniques ou sociales, qui ne se trouvent plus en phase avec l'évolution globale du système, causant ainsi son blocage complet, sont désignées comme des *reverse salients* ou des obstacles critiques²⁴. Dans ce schéma, un rôle important est accordé aux cadres institutionnels. L'étude de ces derniers permet, en partie, de restituer les moyens dont disposent les acteurs pour orienter leurs choix technologiques et de mettre à jours les intérêts conditionnant les choix qu'ils expriment²⁵.

L'étude du réseau d'alimentation électrique d'une entreprise américaine, l'EBASCO (Electric Bond and Share Company)²⁶ permet à Hughes d'exposer son positionnement à mi-chemin entre le déterminisme technologique et le constructivisme social. Pour lui, un déterministe ne verra dans ce réseau qu'un noyau technique causant des changements dans son environnement social et

²³ Hughes, Thomas P., *Networks of Power*, Baltimore and London: The John Hopkins University Press, 1983.

²⁴ Hughes, Thomas P., «The Evolution of Large Technological Systems», in Bijker, Wiebe and al., *op. cit.*, pp. 51-82.

²⁵ Faucher, Philippe, «Comprendre l'innovation: une approche institutionnelle», dans Faucher, Philippe (éd.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 1999, p. 32.

²⁶ Hughes, Thomas P., «Technological Momentum» in Smith, Merrit Roe and Leo Marx (Eds.), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge: MIT Press, 1994, pp. 99-113.

organisationnel. Par exemple, il se concentrera sur la manière dont les générateurs, en alimentant les moteurs électriques sur des machines de production individuelles, vont permettre de réorganiser le travail selon le modèle du fordisme. Il s'intéressera à la manière dont l'éclairage des rues, des lieux de travail et des maisons modifie les heures de travail et de loisir des citoyens. Il étudiera enfin comment l'étalement géographique d'un réseau électrique cause des changements de distribution dans la démographie de la population. Un constructiviste social s'intéressera quant à lui aux facteurs externes (techniques exogènes, forces politiques, économiques ou sociales) et à la manière dont ils ont façonné le réseau. Par exemple, il étudiera comment la propagation du courant alternatif a amené les centrales du réseau utilisant le courant continu à s'adapter à ce changement ou à disparaître. Il s'intéressera aussi aux facteurs économiques, telle la croissance rapide de la population américaine et la concentration des industries dans les villes, qui ont poussé EBASCO à construire de nouvelles centrales à turbine en dehors des grands centres et y transmettre l'électricité à travers des lignes de haut voltage, avec pour conséquence de modifier la structure physique du réseau.

Deux forces contradictoires, de nature technique et sociale, sont à l'œuvre. Pour voir comment ces forces s'articulent et à quel moment du développement du système elles prédominent, la notion de *technological momentum*, soit l'inertie du système technologique, est introduite²⁷. Le système possède une masse de composantes techniques et sociales ainsi qu'une vitesse de croissance qui lui confère une dynamique l'orientant dans une direction particulière. À leur naissance, les systèmes technologiques se trouvent plus influencés par les facteurs sociaux car les choix techniques restent ouverts. Mais au fur et à mesure que les choix sont faits, le système se verrouille graduellement et son évolution devient de plus en plus dépendante des décisions prises par le passé. Cette résistance grandissante aux

²⁷ *Ibid.*

changements, alors que le système arrive à maturité, impose aux acteurs sociaux de s'ajuster et de subir le poids de la technique. Hughes résume ainsi cette situation: «As they grow larger and more complex, systems tend to be more shaping of society and less shaped by it. Therefore, the momentum of technological systems is a concept that can be located somewhere between the poles of technical determinism and social constructivism»²⁸.

1.1.4 La théorie de l'acteur-réseau

Dans la théorie de l'acteur-réseau, la dichotomie entre technique et social est abolie au profit d'une seule entité organique: l'«acteur-réseau». Il n'existe pas de prédominance de l'une sur l'autre, les deux entités sont en constante interaction, se redéfinissant et se reconstruisant simultanément à l'intérieur de ce que des auteurs comme Bruno Latour, Michel Callon ou John Law appellent des *réseaux hétérogènes*²⁹: «An actor network is simultaneously an actor whose activity is networking heterogeneous elements and a network that is able to redefine and transform what it is made of»³⁰.

Les réseaux constituent des espaces de circulation d'informations, de personnes ou de biens matériels et leur caractère hétérogène provient du fait qu'ils sont constitués d'acteurs aussi divers que des institutions politiques, des mouvements sociaux ou des systèmes physiques. En effet, la théorie de l'acteur-réseau accorde une égale importance aux acteurs humains et «non-humains», ceux-ci jouant un rôle aussi important l'un que l'autre dans la construction et la solidification du réseau. L'extension du réseau dépend de la capacité des acteurs à nouer des alliances, à

²⁸ *Ibid.*, p. 112.

²⁹ Callon, Michel et John Law, «La protohistoire d'un laboratoire», dans Callon, Michel (éd.), *La Science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris: La Découverte, 1989, pp. 66-116.

³⁰ Callon, Michel, «Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis», in Bijker, Wiebe and al., *op. cit.*, p. 73.

mobiliser de nouveaux acteurs (humains ou non humains) qui viendront le renforcer. Cette mobilisation se fait à l'aide de chaînes de *traduction*. La traduction est un processus dans lequel les acteurs essaient de créer des alliances en traduisant leurs intérêts spécifiques dans un langage susceptible d'intéresser d'autres acteurs dont les intérêts a priori ne convergent pas. En d'autres termes, la traduction «établit une équivalence toujours contestable entre des problèmes formulés par plusieurs acteurs dans des répertoires différents»³¹.

Un exemple traitant de l'histoire d'un avion militaire britannique, le TSR.2, montre comment l'articulation entre la technique et le social est effacée au profit d'une articulation entre réseaux³². Callon et Law affirment que ce projet a été façonné à travers l'échange d'intermédiaires entre deux réseaux. Le premier est un réseau global, qui draine un certain nombre de ressources financières, de supports politiques et de spécifications techniques. Le deuxième est un réseau local, c'est-à-dire constitué de l'ensemble des acteurs impliqués dans la réalisation physique de l'avion, tels que les designers, les sous-contractants, etc. Les ressources mises à disposition par le réseau global créent un espace de négociation dans lequel les biens sont échangés avec le réseau local, ceci par l'intermédiaire d'un point de passage obligatoire qui, dans ce cas-ci, se trouvera être la direction du projet³³.

1.1.5 Synthèse

L'étude de l'histoire de la centrale de Gentilly-1 ne s'appuie complètement sur aucune des théories exposées précédemment mais s'insère dans un cadre sociotechnique qui s'en inspire. Si la thèse du déterminisme technologique paraît désuète, elle sert, tout de même, de référentiel contre lequel se construisent les

³¹ Callon, Michel et John Law, «La protohistoire d'un laboratoire», *op. cit.*, p. 81.

³² Law, John and Michel Callon, «The Life and Death of an Artifact: A network Analysis of Technical Change», in Bijker, Wiebe and John Law (Eds.), *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge: MIT Press, 1992, pp. 21-52.

théories qui la suivent. Nous partons du principe que le projet de Gentilly-1 recèle des dimensions techniques et des dimensions sociales qui sont traitées, dans notre analyse, sur le même pied. Celles-ci sont toujours présentes tout au long du déroulement du projet et certaines jouent un rôle plus déterminant que d'autres à certaines étapes charnières. Cela ne signifie pas nécessairement, comme le laisse supposer Thomas Hughes, que les facteurs techniques jouent un rôle plus important à la fin du projet tandis que les facteurs sociaux sont plus déterminants au début. C'est plutôt à l'analyse de déterminer à quel moment et dans quelles conditions ils interviennent. Mais, dans le cas de Gentilly-1, force est d'admettre qu'à partir du moment où certains choix techniques (par exemple l'orientation verticale du réacteur) avaient été adoptés, il devenait difficile, plus tard dans le projet, d'opérer un retour en arrière. La marge de manœuvre de certains acteurs du projet s'en trouvait diminuée, sans toutefois être réduite à néant.

Certains concepts évoqués précédemment nous seront utiles. La définition d'un cadre sociotechnique pour le projet de Gentilly-1 fait l'objet de la deuxième partie de ce chapitre et du second chapitre du mémoire. Cette tâche consiste, en réalité, à définir le contexte politique, économique et social dans lequel s'insère le projet et à pointer les moments où il se révèle favorable ou défavorable à sa réalisation. Elle permet également d'identifier les ressources matérielles et intellectuelles utilisées par les acteurs du projet et de comprendre pourquoi elles sont disponibles à certains moments et pas à d'autres. Un concept tel que la flexibilité interprétative est mis à contribution pour comprendre le changement de perception des ingénieurs et des gestionnaires vis-à-vis du rôle que doit jouer le réacteur de Gentilly-1 dans le programme nucléaire québécois et canadien. La finalité assignée au réacteur change dans le temps, au fur et à mesure que des écueils sont rencontrés, ainsi que les discours qui lui sont associés. Enfin, le concept de *reverse salient*,

³³ *Ibid.*, p. 46.

développé par Hughes, explique les moments où le projet se retrouve freiné par le blocage d'un de ses éléments, comme lorsque survient une pénurie d'eau lourde au Canada qui force la vidange du réacteur pour répondre à un impératif économique jugé plus important, le démarrage des réacteurs ontariens de Pickering.

1.1.6 La notion d'«échec technologique»

L'expérience de Gentilly-1 est communément considérée comme un échec technologique. D'un point de vue strictement technique, il est vrai qu'au bout d'une dizaine d'années d'effort, la centrale n'a pu être intégrée au réseau d'HQ. Ce mémoire a pour but de montrer qu'on ne peut cependant se limiter à la dimension technique du projet au risque de masquer une grande partie des enjeux sociaux qui l'ont entouré. Il est donc nécessaire de revenir sur cette notion d'échec technologique, d'en saisir la signification et les limites.

L'utilisation la plus fréquente de la notion d'« échec technologique» rend compte de l'échec de la mise en marché d'un objet ou d'un procédé technologique. Comme de nombreux projets n'atteignent pas l'étape de mise en marché, la dite notion est aussi utilisée pour rendre compte de cas de recherche et de développement n'ayant pas abouti à la construction d'un objet technologique³⁴. Dans le premier cas, des facteurs socio-économiques ou politiques peuvent être mis de l'avant aux côtés de facteurs techniques pour en expliquer l'échec. Par contre, l'on attribue le plus souvent l'échec aux seules dimensions scientifiques et techniques lorsqu'il s'agit d'objets n'ayant pas atteint l'étape de commercialisation.

Dans les deux cas, certains auteurs ont déjà montré que les facteurs menant aux échecs technologiques sont en fait autant socio-économiques que techniques³⁵.

³⁴ Voir le numéro thématique de la revue *Social Studies of Science* traitant de l'échec technologique, daté de mai 1992, vol. 22, no. 2.

³⁵ Voir notamment: Lipartito, Kenneth, «Picturephone and the Information Age. The Social Meaning of Failure», *Technology and Culture*, janvier 2003, vol. 44, no. 1, pp. 50-81; McCray, Patrick, «What

Pour illustrer cela, trois études sur l'énergie nucléaire montrant des échecs qui ne sont pas attribuables à des causes techniques, sont, ici, prises pour exemple. La première est celle de Robin Cowan qui s'interrogeait, en 1990, sur la difficulté qu'avaient les réacteurs nucléaires à eau lourde, dont fait partie le CANDU, à percer le marché international³⁶. Cet échec relatif ne pouvait, selon l'auteur, être attribuable à une supériorité technique des réacteurs à eau légère puisque les experts s'accordaient à dire que les réacteurs à eau lourde étaient aussi, sinon plus, efficaces, rentables et sécuritaires. Il attribuait plutôt cet échec à l'entrée tardive des réacteurs à eau lourde sur le marché international, alors que la plupart des pays intéressés par le développement d'une industrie électronucléaire avaient déjà opté pour la technologie rivale: «The heavy water reactor prevailed in Canada, but by the time it was ready for commercial use, light water had been in use for 10 years, and dozens of light water reactors were under construction. Heavy water's late entry into the competition and its lying outside the mainstream of reactor technology explain its lack of export success»³⁷. Ces pays se trouvaient ainsi engagés dans une situation de «lock-in» ou verrouillage technologique. En effet, dans le cas d'une technologie telle que le nucléaire civil, nécessitant de lourds investissements matériels et une planification à long terme, lorsqu'un type particulier de réacteur est choisi, il est très difficile d'opérer, à mi-chemin, une bifurcation vers un type différent, car les réinvestissements nécessaires au niveau des infrastructures, des apprentissages et des politiques énergétiques seraient énormes.

Les deux autres exemples sont directement associés à l'histoire d'ÉACL. Dans le premier, Ian Slater s'est intéressé à la tentative de commercialisation d'un

Makes a Failure? Designing a New National Telescope, 1975-1984», *Technology and Culture*, avril 2001, vol. 42, no. 2, pp. 265-291 et Kunkle, Gregory, «Technology in the Seamless Web: "Success" and "Failure" in the History of the Electron Microscope», *Technology and Culture*, janvier 1995, vol. 36, no. 1, pp. 80-103.

³⁶ Cowan, Robin, «Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in», *The Journal of Economic History*, Vol. 50, No. 3 (Sep., 1990), pp. 541-567.

³⁷ *Ibid.*, p. 566.

réacteur de type SLOWPOKE³⁸, en Corée du Sud, au début des années quatre-vingt. Le projet d'ÉACL ne s'est pas concrétisé, mais pour des raisons autres que la faisabilité technique. Slater explique cet «échec technologique», premièrement, par les craintes d'ÉACL que son modèle ne soit facilement copié et reproduit par les ingénieurs coréens. Cette situation aurait mené à plusieurs tergiversations quant au choix d'un partenaire local pour exploiter la technologie. De plus, les démarches se faisant dans un contexte où la résistance du public et des mouvements anti-nucléaires étaient à son apogée en Corée du Sud, le gouvernement coréen se montrait réticent à conclure un accord commercial immédiat. Enfin, pour ne pas avoir à assumer seul les risques potentiels associés à ce nouveau type de technologie, le gouvernement coréen exigeait qu'un prototype du réacteur soit préalablement construit au Canada³⁹.

Le deuxième exemple s'applique à la tentative de commercialisation, toujours par ÉACL, de petites batteries nucléaires pour la propulsion de sous-marins. Encore une fois, l'échec de ce projet n'est pas attribuable à des difficultés techniques puisque, selon Slater, la compagnie de la couronne possédait toutes les compétences pour réaliser la batterie. Elle a néanmoins choisi de s'associer avec des partenaires privés, suivant la mode des «joint-ventures», prétendument pour partager les risques financiers. Des divergences de vue contractuelles ainsi que sur les retombées économiques à court terme du produit ont mené à la rupture de ces partenariats et à l'abandon du projet au début des années quatre-vingt dix. Ainsi, selon Slater, l'échec du projet est attribuable au modèle économique choisi pour sa réalisation⁴⁰.

À la lumière de ce que nous venons de décrire, c'est la notion d'«échec technologique» elle-même qui doit être remise en question puisque celle-ci implique implicitement une compréhension déterministe de l'innovation, compréhension selon

³⁸ Safe Low-Power Kritical Experiment.

³⁹ Slater, Ian, «The Taegeukgi and the Maple Leaf: The pursuit of South Korean Export Markets by Atomic Energy Canada Limited», *Scientia Canadensis*, vol.32, n°2, 2009, pp. 75-76.

laquelle dans chaque technologie serait inscrite une inertie qui la mènerait inévitablement soit au succès, soit à l'échec⁴¹. Cette critique est d'autant plus évidente que d'autres travaux ont montré comment des produits techniquement fiables peuvent être ignorés ou abandonnés pour des raisons politiques, financières ou autres que technologiques⁴². L'inverse est également vrai puisque des innovations technologiques, initialement considérées comme des échecs, peuvent ressurgir plus tard dans le temps ou à d'autres endroits et s'imposer comme des succès, à la lumière d'une conjoncture économique favorable ou d'un nouveau contexte social⁴³. Ainsi, la prise en compte du contexte spatial et temporel dans le processus d'innovation technologique met rapidement en relief les limites d'une dichotomie «échec/réussite» dans l'histoire des technologies⁴⁴. En faisant appel à la notion de flexibilité interprétative⁴⁵, Gary Gooday souligne que les notions d'échec et de succès technologiques dépendent de l'attitude des différents groupes sociaux impliqués dans son développement⁴⁶, qu'ils en soient les concepteurs, les fabricants, les financiers ou les usagers. Par exemple, l'énergie nucléaire sera différemment considérée, selon l'avis de fabricants d'armes nucléaires, de compagnies productrices d'électricité ou de militants écologistes.

⁴⁰ Slater, Ian, «To Market, to Market: Canadian Nuclear Industry and the Case of the Nuclear Battery», *Journal of Canadian Studies*, vol.46, n°1, Hiver 2012, pp. 75-111.

⁴¹ Voir le rapport fait par Gail Cooper et Bruce Sinclair du Symposium de l'International Committee for the History of Technology (ICOHTEC), tenu à Hambourg en août 1989, dans *Technology and Culture*, avril 1990, vol. 31, no. 3, pp. 140-169.

⁴² Pour un exemple qui concerne l'industrie de l'informatique, voir: Petersson, Tom, «Facit and the BESK Boys: Sweden's Computer Industry (1956-1962)», *IEEE Annals of the History of Computing*, 2005, vol. 27, no. 4, pp. 23-30.

⁴³ Voir Torrens, Hugh S., «a Study of 'Failure' with a 'Successful Innovation': Joseph Day and the Two-Stroke Internal Combustion Engine», *Social Studies of Science*, mai 1992, vol. 22, no. 2, pp. 245-262.

⁴⁴ Pour une revue critique des notions «d'échec» et de «réussite» technologique, voir: Gooday, Gary, «Re-writing the Book of Blots': Critical Reflections on Histories of Technological 'Failure'», *History and Technology*, 1998, vol. 14, pp. 265-291.

⁴⁵ Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, *op. cit.*, p. 419.

⁴⁶ Gooday, Gary, *op.cit.*, p. 267.

Enfin, la remise en question de la notion d'échec technologique appelle une critique de la séparation arbitraire entre l'ordre technologique et l'ordre socio-économique, alors que, dans les faits, chaque objet technique est immergé dans un processus où les deux ordres sont intimement liés et interactifs. Cependant, cette remise en question s'est très peu exprimée dans les cas où les technologies ne se sont pas rendues à l'étape de mise en marché. Pourtant, dans le cas des grands projets technologiques, où le processus d'innovation est long et sinueux, une étude des facteurs sociaux, politiques ou commerciaux de faisabilité s'impose, tant la mise en œuvre commerciale reste soumise aux aléas du marché et de stratégies tant politiques qu'économiques ou environnementales.

Le cas du projet Gentilly-1 permet justement de confronter la notion d'échec (ou de succès) avec la dynamique de l'innovation technologique à cette étape de mise en marché. C'est en replaçant le projet BLW dans l'ensemble des efforts de recherche et de développement des agents en cause que nous le confronterons avec la notion d'échec technologique. D'une part, c'est la notion d'«échec» ou de «succès» qui sera examinée. Nous verrons que cette notion masque la complexité de la dynamique de la recherche scientifique et technologique. D'autre part, c'est le qualificatif de «technologique», apposé au succès comme à l'échec, dont il sera question puisque nous verrons que les facteurs technologiques ayant mené à la fin du projet BLW n'ont été ni les seuls, ni, peut-être, les plus déterminants.

1.1.7 Prises de décisions: le rôle des facteurs contingents

Malgré l'aspect expérimental et incertain du projet G-1, souligné à la fin du deuxième chapitre de ce mémoire, ÉACL et HQ semblent, au milieu des années soixante, confiants en sa faisabilité. Des arguments techniques, économiques et de stratégies énergétiques sont mis de l'avant pour le rationaliser. Mais la trajectoire prise par un grand projet technologique n'est pas uniquement le fruit de décisions rationnelles et planifiées à long terme; elle est également modelée par l'occurrence

d'évènements contingents et imprévisibles. Ces évènements peuvent prendre la forme d'un incident technique, d'un changement de politique gouvernementale, de pressions externes venant du public, de la création de nouvelles institutions, etc. Gingras et Trépanier ont vérifié cette hypothèse, dans leur étude de la construction du Tokamak de Varennes. Les auteurs y affirment, en conclusion de leur analyse, que:

«although some social agents have an interest in giving an air of planning and necessity to the decision-making – as shown by the government's 'official history' of the FC Study – we feel that the complexity of the interactions examined here should suffice to convince policy analysts, economists and sociologists that long term decision making are nothing but a concatenation of micro-decisions taken within a specific time frame, each of which only partly determines the next, since new and unexpected events can always occur»⁴⁷.

Ces évènements imprévisibles agissent à leur tour comme de nouvelles contraintes sur le projet mais aussi comme des ressources, puisqu'ils peuvent être mis à profit par les agents impliqués pour redéfinir leurs stratégies ou leurs relations face à d'autres agents. Comme Gingras et Trépanier le soulignent, une nouvelle fois: «agents, institutions and events can be seen as limiting factors or constraints on action as well as resources that can be used to modify the relations of power between groups»⁴⁸. L'histoire de Gentilly-1 est, elle aussi, émaillée d'évènements imprévisibles qui ont modifié la trajectoire du projet et qui ont, parfois, amené ces acteurs à en redéfinir les objectifs et à s'adapter à une nouvelle donne technique ou politique. Le quatrième chapitre de ce mémoire s'attarde à l'analyse détaillée des facteurs contingents qui ont eu un impact sur Gentilly-1, tels que la pénurie d'eau lourde survenue au Canada en 1972 ou la politique d'économie d'énergie instaurée

⁴⁷ Gingras, Yves and Michel Trépanier, «Constructing a Tokamak : Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources», *Social Studies of Science*, Vol.23, No. 1 (Feb., 1993), p. 30.

⁴⁸ *Ibid.*

par le PQ en 1977, et démontre l'importance de leur prise en compte dans la trajectoire du projet.

1.2 Le projet Gentilly-1 mis en contexte

Le projet de construction de la centrale nucléaire Gentilly-1 s'insère dans un contexte socio-économique et politique particulier. Cette section rappelle l'état de l'industrie nucléaire au Canada dans la période où s'entament les premières approches entre ÉACL et HQ, au milieu des années 1960, pour la signature du contrat de Gentilly-1. L'aspect expérimental du projet ainsi que les contextes économique, politique et social dans lesquels il s'insère sont, par la suite, décrits.

1.2.1 Structure de l'industrie nucléaire canadienne

Le programme électronucléaire civil canadien a été officiellement initié par le gouvernement du Canada en 1952 et son développement confié à une société de la couronne, Énergie Atomique du Canada Limitée, fondée la même année. Au début des années 1960, l'industrie nucléaire est dominée essentiellement par ÉACL et Ontario-Hydro (O-H). Elle est par conséquent majoritairement concentrée en Ontario.

Dans une étude sur l'appropriation technologique du CANDU, par O-H, Kevin Fitzgibbons explique que les choix stratégiques opérés lors de la construction des deux premiers réacteurs canadiens en Ontario ont déterminé le développement de l'industrie nucléaire canadienne sur deux plans⁴⁹. Sur le plan technologique, ils ont orienté la filière canadienne vers des réacteurs de type PHW (pour *Pressurized Heavy Water*, réacteurs refroidis et modérés à l'eau lourde), concept qui se différencie des technologies existantes ailleurs dans le monde par son utilisation de

⁴⁹ Fitzgibbons, Kevin, «Le CANDU et l'industrie nucléaire canadienne», dans Faucher, Philippe (éd.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 1999, p. 131.

l'uranium naturel comme combustible et de l'eau lourde comme caloporteur et modérateur. Deuxièmement, ils ont établi la structure de l'organisation industrielle qui a permis le transfert technologique direct d'ÉACL vers O-H en écartant le secteur industriel privé des choix techniques et en le réduisant au rôle d'exécutant ou de fournisseur⁵⁰.

Un schéma similaire se répète au Québec puisque la collaboration industrielle se fera directement entre ÉACL et HQ, malgré le fait qu'initialement la compagnie privée CGE (Canadian General Electric) ait été également en lice pour fournir un réacteur à HQ. De plus, le réacteur projeté d'être construit sera également basée sur une technologie novatrice et différente du concept éprouvé en Ontario: le CANDU de type BLW, réacteur refroidi à l'eau légère et modéré à l'eau lourde. Cet aspect du projet Gentilly-1 est abordé en détail dans le troisième chapitre de ce mémoire qui retrace l'entrée d'HQ dans l'industrie nucléaire.

1.2.2 Contexte d'innovation

Une deuxième hypothèse développée par Fitzgibbons, dans son étude sur O-H et le CANDU, est que lorsqu'un intervenant public est en contrôle des facteurs institutionnels qui agissent sur la réalisation d'un grand projet technologique, les décideurs techniques du projet ont tendance à favoriser l'innovation⁵¹. Ce qui amène à mentionner le contexte d'innovation et l'aspect expérimental qui caractérise le projet de Gentilly-1. En effet, la technologie sur laquelle est fondé le réacteur de G-1, le concept BLW, est nouvelle pour ÉACL et son développement n'est pas achevé au moment de la construction de la centrale, en particulier, la question du contrôle du cœur du réacteur restera en suspend tout au long du projet. Il existe donc une grosse part de risque et d'incertitude technologique qui doit être assumée et partagée par les

⁵⁰ Sur ce point, voir également: Doern, Bruce G., *Government Intervention in the Canadian Nuclear Industry*, Montreal: Institute for Research on Public Policy, 1980, pp. 89-126.

⁵¹ Fitzgibbons, Kevin, *op. cit.*, p. 125.

principaux acteurs du projet (les gouvernements fédéral et provincial ainsi que les deux compagnies publiques).

Il faudra s'interroger sur les raisons qui ont poussé ÉACL à se lancer dans le développement de ce nouveau type de réacteur. Malgré sa vocation commerciale, la tendance d'ÉACL à se lancer dans des projets de R&D et la forte impulsion en ce sens que lui a donné un personnage tel que W.B. Lewis, figure centrale des premières décennies du programme nucléaire canadien⁵², l'ont poussé à s'investir dans le développement de nouvelles technologies de réacteurs atomiques. Le BLW n'est d'ailleurs pas la seule alternative au PHW qui a été entreprise par ÉACL. À l'époque, une série d'autres réacteurs étaient simultanément à l'étude et sont décrits au second chapitre. Les économies en eau lourde, ressource alors considérée comme coûteuse, constituent un élément important dans la décision de lancer un programme de recherche dans la technologie BLW. Mais d'autres motifs existent et sont présentés dans le second chapitre. La même question se pose pour HQ. Pourquoi la société d'État a-t-elle décidé de se lancer dans l'aventure nucléaire avec un réacteur à la technologie non-éprouvée, alors que le type PHW était une option plus fiable? Est-ce une volonté politique de distinguer son programme nucléaire du programme ontarien et de se donner une marge de manœuvre pour l'avenir, quitte à retourner plus tard au programme plus classique du PHW? Ces aspects sont étudiés dans le troisième chapitre du mémoire.

1.2.3 Contexte économique, politique et social

Robert Bothwell, dans son histoire d'ÉACL, indique que l'élection du gouvernement de Lester B. Pearson en avril 1963 a eu des impacts importants sur la

⁵² Fawcett, Ruth, *Nuclear Pursuits: The Scientific Biography of Wilfrid Bennett Lewis*, Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, 1994, 233 p.

direction des affaires d'ÉACL⁵³. D'après lui, trois politiques du gouvernement Pearson ont touché la compagnie de la couronne. Premièrement, le nationalisme économique qui implicitement signifiait l'indépendance énergétique. Deuxièmement, la reconnaissance de l'importance du «fait français» et une volonté d'offrir à plus de Canadiens français compétents des rôles d'importance dans les affaires nationales. Troisièmement, le désir de favoriser l'expansion économique régionale. C'est dans ce contexte que se fera la nomination de J.C. Lessard, président d'HQ, au Conseil d'Administration (C.A.) d'ÉACL, dès le printemps de 1963. Cette nomination, qui s'est faite avec l'accord de Lesage, est vue comme un signe de la volonté d'ÉACL de promouvoir l'énergie nucléaire au Québec. En 1967, deux autres francophones entrent au C.A. d'ÉACL. Bothwell mentionne que: «pour ceux qui avaient choisi ces personnes comme pour les politiciens qui coiffaient l'ÉACL, il était important de chercher à partager la technologie électronucléaire avec un tiers du pays n'ayant guère jusque-là participé à sa mise au point»⁵⁴. De plus, HQ étant devenue l'une des plus grandes compagnies d'électricité au Canada après sa nationalisation, en mai 1963, par le gouvernement Lesage, elle devenait un partenaire commercial naturel pour EACL.

Au début de l'opération de Gentilly-1, en novembre 1970, la volonté de maîtriser la technologie nucléaire est perçue, dans les milieux politiques, comme un des éléments de la modernisation du Québec et de la démonstration de son aptitude à contribuer, à l'échelle mondiale, au développement d'une technologie de pointe⁵⁵. Du côté d'HQ, l'intérêt pour la technologie nucléaire se développe en même temps que l'idée selon laquelle les ressources hydro-électriques ne suffiraient plus, dans un

⁵³ Bothwell, Robert, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal: Agence d'Arc, 1988, pp. 390-391.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 391.

⁵⁵ Savard, Stéphane, *Retour sur un «projet du siècle»: Hydro-Québec comme vecteur des représentations symboliques et identitaires du Québec, 1944 à 2005*, Thèse de Doctorat: Université Laval, août 2010, p. 235.

proche avenir, à la satisfaction des futurs besoins énergétiques du Québec. L'objectif initial d'HQ au début des années soixante est alors de «se familiariser avec cette nouvelle source d'énergie et garder ouverte une option pour l'avenir, l'hydroélectricité pouvant assurer jusque-là une transition en douceur»⁵⁶. Mais Faucher et Bergeron soulignent aussi qu'au-delà de l'apport énergétique que devait apporter Gentilly-1 au réseau québécois, HQ se souciait grandement de sa capacité à maîtriser elle-même la technologie, comme elle en avait l'habitude dans ses autres programmes⁵⁷. Provost a étudié la stratégie développée par HQ, dans les années soixante-dix, pour réaliser un programme nucléaire autonome. D'après elle, cette stratégie repose sur trois points: établir un programme d'équipement (dont la première étape consiste en l'acquisition de la centrale de Gentilly-1); s'assurer de la disponibilité d'une enveloppe financière pour réaliser les investissements humains et matériels nécessaires; enfin, maîtriser la technologie, entreprise qui passe par la constitution d'un tissu d'industries secondaires en mesures de lui fournir une partie des équipements ainsi que par la formation académique de spécialistes en science et génie nucléaire⁵⁸.

Si l'on attribue à HQ une grande mainmise sur la définition de la politique énergétique provinciale et une autonomie certaine par rapport aux autorités politiques⁵⁹, Gauquelin indique que ce fait va changer, à partir de 1977, avec l'arrivée au pouvoir du Parti Québécois et la création d'un poste de ministre délégué à l'Énergie, inexistant dans les gouvernements précédents. Ainsi, «le ministre québécois délégué à l'énergie se met à réfléchir à une politique provinciale de

⁵⁶ Babin, Ronald, *L'option nucléaire: développement et contestation de l'énergie nucléaire au Canada et au Québec*, Montréal: Boréal Express, 1984, p. 62.

⁵⁷ Faucher, Philippe et Johanne Bergeron, *Hydro-Québec: la société de l'heure de pointe*, Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 1986, pp. 59-60.

⁵⁸ Provost, Martine, *Les stratégies d'autonomie d'une entreprise publique: le cas du programme nucléaire d'Hydro-Québec*, Mémoire de Maîtrise: Université de Montréal, mai 1988, pp. 57-107.

⁵⁹ Gauquelin, Michel, «Un Québec hydro-électrique dans un Canada nucléaire» dans Carpentier, Jean-Marc et al. (éds.), *Face au Nucléaire*, Montréal: Québec Science Éditeur, 1980, p. 186.

l'énergie et commence à mettre de l'avant qu'il serait bon d'économiser l'énergie, que le nucléaire n'est pas satisfaisant au point de vue environnement, et qu'il serait souhaitable que le Québec se passe du nucléaire»⁶⁰. Ces mesures qui vont se traduire par l'annonce d'un premier moratoire sur l'énergie nucléaire au Québec, de 1978 à 1980, vont contribuer à envenimer les relations entre le gouvernement provincial et fédéral sur les questions énergétiques. Une partie du quatrième chapitre de ce mémoire analyse l'évolution du programme nucléaire d'HQ et de la politique nucléaire du gouvernement du Québec, tout au long des années soixante-dix, comme mise en contexte à la décision d'arrêter l'opération, en 1981, de Gentilly-1.

Le dernier aspect abordé dans cette mise en contexte est l'éventuelle influence de mouvements sociaux antinucléaires sur le déroulement du projet de Gentilly-1. Le premier mouvement d'envergure à faire son apparition, au Québec, est le Front Commun antinucléaire, en septembre 1977. Alors que l'on tente d'opérer G-1 depuis presque sept ans, ce groupe constitué d'une dizaine de mouvements écologistes va tenter d'organiser sa lutte sur deux fronts: une plus grande présence sur le terrain politique et l'articulation d'un projet alternatif au nucléaire, cohérent et viable à court terme⁶¹. Dans *L'option nucléaire*, ouvrage qui traite du développement des mouvements de contestation de l'énergie nucléaire au Canada et au Québec, Ronald Babin indique que le mouvement antinucléaire québécois ne parviendra réellement à s'imposer dans le débat politique qu'après l'accident de la centrale américaine de Three Mile Island, en mars 1979⁶². *La fiction nucléaire*, livre à charge contre le programme nucléaire d'HQ et plaidoyer pour un débat public sur la question, est publié la même année. Il va jusqu'à dénoncer le moratoire sur le nucléaire promulgué en 1977 par le gouvernement péquiste et juge que c'est «une astuce qui a pour but d'empêcher le véritable débat sur cette technologie dangereuse,

⁶⁰ *Ibid.*

⁶¹ Babin, Ronald, *op. cit.*, pp. 162-163.

⁶² *Ibid.*, p. 163.

polluante, coûteuse et inutile»⁶³. Les efforts du mouvement antinucléaire québécois vont donc se concentrer, au début des années quatre-vingt, sur la tenue d'un débat public élargi sur le nucléaire⁶⁴, sans que cela n'affecte, pour autant, les travaux de construction de la centrale de Gentilly-2 ou que cela n'ait un impact sur les décisions prises à Gentilly-1.

1.3 Sources et archives

Plusieurs sources de données seront utilisées dans notre analyse. Premièrement, les archives d'ÉACL. Elles sont composées, premièrement, des rapports annuels de la compagnie qui font état de l'avancement des grands projets où elle est engagée, notamment de son volet de R&D, et de l'orientation générale, au fil des ans, de sa politique économique et industrielle. Deuxièmement, les comptes-rendus de réunions du PRDPEC⁶⁵, comité chargé au sein d'ÉACL de l'évaluation des concepts alternatifs au PHW et dont plusieurs membres étaient impliqués de près dans l'élaboration du projet BLW, seront utilisés pour présenter le processus par lequel le concept BLW a fini par émerger comme principale alternative au PHW. Les archives du PRDPEC constituent également une bonne source de documentation pour suivre le déroulement du projet BLW(PB). Troisièmement, des rapports techniques, correspondances ou mémorandums traitant du BLW, produits par des décideurs et des ingénieurs d'ÉACL, seront utiles à la compréhension des enjeux techniques du projet mais aussi de ses enjeux économiques et commerciaux. Parmi les auteurs de ces écrits, on retrouve Wilfrid Bennett Lewis, directeur de la branche R&D, Lorne Gray, président d'ÉACL, et George Pon, responsable du projet BLW puis du projet de Gentilly-1. Le dossier constitué des archives du PRDPEC, rapports techniques, mémorandums et correspondances relatifs au BLW, a été collecté par le

⁶³ Vincent, Solange, *La fiction nucléaire*, Montréal: Québec/Amérique, 1979, p. 19.

⁶⁴ Babin, Ronald, *op. cit.*, p. 166. Ce livre est d'abord un film-documentaire, également intitulé *La fiction nucléaire*, réalisé par Jean Chabot en 1978, disponible sur le site de l'Office National du Film à l'adresse http://www.nfb.ca/film/fiction_nucleaire/, consulté le 1^{er} février 2013.

professeur Yves Gingras, qui l'a généreusement mis à notre disposition. Une entrevue, également réalisée par Yves Gingras avec George A. Pon, le 26 avril 1989, constitue un témoignage direct d'un des acteurs majeurs du projet sur la genèse du BLW et sur les relations entre ÉACL et HQ.

Les archives d'HQ utilisées sont composées de rapports annuels et de correspondances échangées entre les dirigeants de la compagnie. Les correspondances d'HQ ont également été collectées par notre directeur de recherche, Yves Gingras, au centre d'archives d'HQ. Les archives d'HQ seront mises à profit pour retracer le cours des événements qui ont mené à l'établissement de relations commerciales entre HQ et EACL, à partir de 1963, puis à leur poursuite jusqu'à l'annonce de la fermeture de Gentilly-1. Elles témoignent également des objectifs que visait la société d'État à travers son investissement dans le nucléaire et derrière le choix du concept BLW pour la centrale de Gentilly-1. Sur le terrain, elles font état de l'avancement de la construction puis de l'opération de la centrale dans les années soixante-dix et constituent une source d'information sur le déroulement du projet La Prade.

Les comptes rendus reconstitués des débats de l'Assemblée nationale du Québec, en particulier ceux de la commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts, entre 1972 et 1977, serviront à décrire la politique gouvernementale québécoise sur la question de l'énergie nucléaire, dans la décennie soixante-dix. Enfin, les archives du journal mensuel *Entre-Nous*, qui sera renommé *Hydro-Presse* en 1971, publication du service des communications d'HQ, seront utiles pour la datation exacte des arrêts, redémarrages et incidents mineurs ou majeurs qui ont jalonné la vie de la centrale de Gentilly-1.

⁶⁵ Power Reactor Development Program Evaluation Committee.

CHAPITRE II

LE CADRE DE DÉPART DE L'AVENTURE BLW AU SEIN D'ÉACL

2.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de remettre l'émergence du projet BLW, à la fin des années cinquante, dans le contexte de la stratégie technologique et commerciale d'ÉACL. C'est en effet au cours de cette décennie que l'énergie nucléaire comme source d'électricité voit son potentiel graduellement se réaliser. Elle est perçue comme la technologie de l'avenir en matière énergétique, notamment par les milieux politiques et d'affaires. En témoigne le discours intitulé «*Atomic energy as a potential source of power*», adressé en février 1951 par C.J. Mackenzie, alors président du Conseil National de la Recherche (CNR) et de la Commission de Contrôle de l'Énergie Atomique (CCEA), au cercle d'hommes d'affaires du Canadian Club of Montreal¹. La volonté politique d'exploiter le potentiel commercial de l'énergie électronucléaire se concrétise encore plus, le 1^{er} avril 1952, avec la création d'ÉACL, société fédérale dont le but est justement de développer et de commercialiser la future filière des réacteurs CANDU. Quelques mois plus tard, entre les mois de février et mai 1953, une commission parlementaire, chargée d'examiner les activités du gouvernement fédéral reliées au nucléaire, tient dix sessions et

¹ Eggleston, Wilfrid, *Canada's Nuclear Story*, London: Harrap, 1965, p. 306.

recommande que tout développement industriel possible de l'énergie nucléaire soit poursuivi avec vigueur².

Avant d'aborder l'historique du projet BLW, nous commencerons par rappeler les événements et les raisons qui ont mené ÉACL à orienter son programme de développement nucléaire vers le concept PHW, basé sur l'utilisation de l'eau lourde comme caloporteur et modérateur et de l'uranium naturel comme combustible. En même temps, nous nous intéresserons aux circonstances qui ont mené au partenariat entre ÉACL, Ontario-Hydro (O-H) et la compagnie privée Canadian General Electric (CGE) pour la construction du premier réacteur de puissance canadien. Ce réacteur prototype de 20 MégaWatts électriques (MWe), dont le but était de démontrer la faisabilité du concept PHW à plus grande échelle, est connu sous le nom Nuclear Power Demonstration (NPD). La source principale de ce court rappel sera l'ouvrage de Robert Bothwell, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*³.

Ce rappel est nécessaire pour trois raisons. Premièrement parce que le partenariat entre ÉACL et O-H, officialisé à la fin de l'année 1953, est à l'origine d'une rupture de onze ans entre HQ et la compagnie de la couronne. Aussi parce que l'entente contractée entre ÉACL et O-H pour la construction du NPD, servira de référentiel à celle signée plus tard, au milieu des années soixante, entre ÉACL et HQ pour la construction de Gentilly-1. Deuxièmement, il est important de revenir sur les circonstances qui ont amené CGE, le constructeur du NPD, à s'engager dans l'industrie nucléaire, car cette entreprise jouera un rôle notable, évoqué au chapitre suivant, dans le retour d'HQ aux affaires nucléaires en 1963. Enfin, le concept du BLW, même s'il constitue une branche indépendante des réacteurs CANDU, s'inscrit

² Buckley, Brian, *Canada's Early Nuclear Policy: Fate, Chance, and Character*, Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, 2000, pp 109-110.

³ Bothwell, Robert, *op. cit.*

tout de même, sur plusieurs aspects, comme une évolution du concept PHW. À cet égard, il est important de rappeler les circonstances qui ont initialement guidé ÉACL vers le choix du PHW, puis les raisons qui l'ont conduite à développer des concepts alternatifs, dont le BLW fera l'objet des plus gros investissements.

La deuxième partie de ce chapitre est consacrée à la description de la naissance du concept BLW parmi quatre autres concepts alternatifs au PHW, de son développement au sein des laboratoires de Chalk River au début des années soixante, de ses avantages et inconvénients par rapport au PHW et enfin, de la manière dont il s'inscrit dans la stratégie technologique et commerciale d'ÉACL.

2.2 Les réacteurs à eau lourde pressurisée et le partenariat ÉACL/O-H

Comme il est rappelé dans son rapport annuel de l'année 1960-61, le programme d'ÉACL en matière d'énergie nucléaire est orienté, depuis le milieu des années cinquante, vers le concept HWR et plus particulièrement vers la technologie PHW: «Il y a quelques années, AECL décidait de concentrer ses efforts sur des réacteurs de puissance qui consommeraient de l'uranium naturel, seraient modérés à l'eau lourde et seraient refroidis à l'eau lourde également»⁴.

Cependant, si l'on remonte à moins d'une dizaine d'années en arrière, ce choix est loin de relever de l'évidence pour les décideurs des laboratoires de Chalk River. Robert Bothwell rappelle qu'en 1947, ces derniers n'ont pas encore arrêté leur choix sur un type particulier de réacteur et que Wilfrid Bennet Lewis, directeur des laboratoires, considère cette question comme marquée du sceau de l'incertitude⁵. Lewis s'intéresse fortement, depuis 1946, au concept des réacteurs surgénérateurs, qui utiliseraient du thorium comme combustible, permettant ainsi de minimiser

⁴ Rapport annuel ÉACL 1960-61, p. 9.

⁵ Bothwell, Robert, *op. cit.*, p. 215.

l'investissement initial en uranium naturel, ressource dont on ne réalise pas encore l'abondance dans les sous-sols canadiens⁶. Le choix des surgénérateurs est également motivé par l'intérêt que lui portent les États-Unis et la Grande-Bretagne, dont le Canada espère pouvoir bénéficier des recherches. C'est pour ces deux raisons qu'en 1949, lors d'une visite de parlementaires aux laboratoires de Chalk River, Lewis déclare que la filière des surgénérateurs offre encore les perspectives les plus prometteuses au développement des réacteurs nucléaires de puissance⁷.

En réalité, l'expertise déjà acquise par l'équipe de Chalk River, depuis les dernières années de la Deuxième Guerre mondiale jusqu'à la conception du NRU⁸, en passant par la construction des réacteurs ZEEP et NRX, s'appuie essentiellement sur l'utilisation de l'uranium naturel et de l'eau lourde. Raison pour laquelle, en mars 1950, George Laurence, responsable en chef du NRX, milite pour une filière qui serait proprement canadienne, s'appuyant sur l'expertise déjà existante et que l'on pourrait développer et améliorer avec la construction du NRU. Lewis finit par se ranger à cette opinion assez rapidement, comme l'illustre le document *An Atomic Power Proposal* où il propose la conception d'un réacteur de 400 MW thermique «à l'uranium naturel et à l'eau lourde pressurisée à plus de 1500 livres par pouce carré et dont la température du circuit d'eau lourde caloporteur atteindrait une température de 550 F»⁹.

En juillet 1952, Lewis forme un groupe de physique nucléaire, incluant George Laurence, afin de préparer une liste de requêtes au Conseil d'Administration d'ÉACL et à son premier président C.J. Mackenzie. En tête de liste de ces requêtes, vient la conception d'un réacteur alimenté à l'uranium naturel et modéré à l'eau

⁶ Hurst, Donald G. (Ed.), *Canada Enters the Nuclear Age : A Technical History of Atomic Energy of Canada Limited as Seen from its Research Laboratories*, Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, 1997, p. 192.

⁷ Bothwell, Robert, *op. cit.*, p.216.

⁸ National Research Universal.

⁹ Lewis, W.B., *An Atomic Power Proposal*, DR-18, AECL No. 186, 27 août 1951, p. 2. Voir aussi Bothwell, *op. cit.*, p.216.

lourde, en d'autres termes, un réacteur de type PHW. Le réacteur surgénérateur, préférence initiale de Lewis, ne vient qu'en second dans la liste. L'équipe de Lewis semble déjà consciente que cette option est irréalisable à court terme, contrairement à celle du PHW.

Suite à la demande de Lewis, une équipe est créée, un mois plus tard, par Mackenzie, afin d'étudier la question des réacteurs de puissance. Cette équipe est notamment composée de représentants de compagnies canadiennes d'électricité, dont un représentant d'HQ, René Dupuis, et un représentant d'O-H, R.L. Hearn. La décision d'inclure des représentants de compagnies productrices d'électricité est logique, puisqu'à long terme, ce sont ces dernières qui seraient chargées de l'exploitation d'éventuelles centrales électronucléaires. Mais elle provient également du fait qu'aux États-Unis, des liens commençaient déjà à se nouer entre l'US Atomic Energy Commission (USAEC) et les industries privées d'électricité. Et, sous peine de se faire devancer, même sur son territoire, le Canada devait «prendre exemple sur les Américains et rapprocher les compagnies d'électricité provinciales, les fabricants privés et les chercheurs fédéraux»¹⁰. Il est intéressant de souligner que ce vœu a été formulé, dès septembre 1951, par W.P. Dobson, directeur de la Recherche à O-H, ce qui démontre que l'intérêt affiché par O-H pour l'énergie nucléaire, remonte à une étape assez précoce du développement du programme canadien.

C'est donc en janvier 1952 que Hearn et Dupuis font leur entrée au C.A. d'ÉACL et c'est O-H qui se montre, dès le départ, la plus intéressée par le projet de la compagnie fédérale. Un intérêt réciproque puisqu'une rencontre avait été organisée plus tôt, au début du mois, entre le premier ministre ontarien Leslie Frost et C.D. Howe, ministre fédéral de la Défense et du Commerce, afin d'«évoquer les possibilités de collaborer entre la société d'État que l'on s'apprêtait à créer, l'ÉACL, et l'Ontario-Hydro, l'intention étant de créer en Ontario un réseau alimenté par des

¹⁰ Bothwell, *op. cit.*, p. 221.

centrales nucléaires»¹¹. La première d'une série de rencontres est également organisée, en ce début d'année 1952, entre C.J Mackenzie et plusieurs hauts dirigeants de la Hydro-Electric Power Commission of Ontario¹². Les discussions portent sur les possibilités d'implantation de l'énergie nucléaire dans la province, lors de la décennie à venir. Mackenzie écrira plus tard au sujet de ces rencontres: «We all agreed that if it were possible to have commercial-sized power plants feeding primary power into the Ontario grid by 1962, it would be a great thing for all concerned»¹³. Les premiers liens établis entre ÉACL et O-H se renforcent avec l'envoi d'une équipe d'ingénieurs d'O-H dans les laboratoires de Chalk River à l'été 1953 pour se familiariser avec la technologie et les travaux qui s'y développent¹⁴.

En novembre 1953, une enveloppe de 200 millions de dollars est dégagée par O-H afin de procéder à une étude de faisabilité sur l'implantation d'une centrale nucléaire pilote en Ontario. Le personnel chargé d'effectuer l'étude est réparti entre des membres d'ÉACL, d'O-H et de la Montreal Engineering. La participation d'O-H en tant que sponsor principal à cette étude, qui va s'étaler sur deux ans, va changer la donne au sein d'ÉACL, puisque les considérations budgétaires de la compagnie ontarienne devront être intégrées dans le choix du type de réacteur à développer. Il a été mentionné que la construction d'un réacteur de puissance devait impliquer la participation d'une compagnie d'électricité, ÉACL ne désirant pas assumer la charge d'exploitant en plus de celui de concepteur. Alors qu'O-H semble être le partenaire le plus apte à remplir ce rôle, la question se révèle épineuse lorsqu'elle est portée devant le C.A d'ÉACL.

En effet, le représentant d'HQ, René Dupuis, refuse l'officialisation de l'alliance entre ÉACL et O-H. Dupuis considère que la production d'électricité relève des compétences provinciales. Hydro-Québec ne s'oppose pas à ce qu'ÉACL

¹¹ *Ibid.*

¹² *Ibid.*, p.308.

¹³ Eggleston, *op. cit.*, p.308.

¹⁴ Bothwell, p. 223.

construise un réacteur électronucléaire de démonstration, mais il n'est pas question pour elle que le gouvernement fédéral collabore avec une compagnie provinciale pour produire de l'électricité, en dépit du fait que Bennett propose que la participation d'O-H soit doublée de celle d'HQ. Le 17 décembre 1953, la question est tout de même soumise officiellement au C.A. Celui-ci approuve la tenue de l'étude de faisabilité sponsorisée par O-H et ce, en l'absence de Dupuis, qui démissionne en même temps. C.D. Howe sollicitera, auprès de Maurice Duplessis, les services d'un nouveau représentant d'HQ sur le C.A d'ÉACL, mais sa demande demeurera sans réponse¹⁵.

Au printemps 1954, l'étude de faisabilité est entamée à Chalk River sous l'égide du Power Reactor Group (PRG), plus tard rebaptisé Nuclear Power Group (NPG). O-H souhaite que l'on travaille sur une seule filière car elle craint de se retrouver aux prises avec différents types de réacteurs dans son programme. L'option d'un réacteur à eau lourde lui semble préférable, car, d'après elle, il serait le plus économique. Mais cela doit être confirmé par les études du NPG, notamment en comparant les coûts des réacteurs à eau lourde avec ceux des centrales au charbon. Du point de vue technique, plusieurs questions importantes sont traitées par le NPG. L'utilisation de l'eau lourde comme modérateur ne fait pas débat, mais pour le combustible, le plutonium est aussi envisagé aux côtés de l'uranium naturel. Pour le caloporteur, on envisage l'eau lourde tout en évoquant la possibilité d'utiliser de l'eau ordinaire. Le cœur du réacteur serait une cuve pressurisée, mais l'on pourrait éventuellement avoir recours à des tubes de forces. Quant à la taille du réacteur, on semble préférer, pour le moment, un réacteur de petite taille¹⁶.

En s'appuyant sur les travaux du NPG, W.B. Lewis, directeur de la branche de R&D d'ÉACL, réalise une étude évaluant la possibilité de produire de l'électricité

¹⁵ *Ibid.*, p. 229.

¹⁶ *Ibid.*, p. 230-231.

d'origine nucléaire à des taux compétitifs, en particulier par rapport à l'électricité issue du charbon¹⁷. S'il y conclut que les coûts associés à la construction d'un réacteur électronucléaire à grande échelle sont encore difficiles à évaluer et que les techniques de manipulation de matériaux radioactifs ne sont toujours pas matures, il n'en suggère pas moins de commencer par construire des réacteurs prototypes, de taille plus modeste, dont l'opération fournirait une base expérimentale suffisante pour l'extrapolation, dans le futur, à des réacteurs de taille commerciale: «By building reactors which are small but not of insignificant capacity and by facing the problems of their operation as they arise, we shall gain the experience necessary to give backing to forecast estimates»¹⁸.

En mars 1955, W.J. Bennett, successeur de Mackenzie à la présidence d'ÉACL, soumet un document au Conseil des ministres fédéral où il affiche le souhait de concevoir un réacteur, alimenté à l'uranium naturel et modéré à l'eau lourde. D'une capacité de 20 MWe, ce réacteur pourrait être prêt pour 1958¹⁹. ÉACL souhaite, de plus, poursuivre des études sur la conception d'un réacteur d'une capacité de 100 MWe, considérée comme la puissance minimale permettant d'atteindre le seuil de rentabilité commerciale, d'autant plus que les Américains et les Britanniques s'orientent déjà dans cette direction²⁰. La proposition est approuvée par le Conseil des ministres. Cette décision aboutira, sept ans plus tard, en juin 1962, à la mise en service à Rolphton, 200 km au nord-ouest d'Ottawa, d'un réacteur prototypique de 20 MWe, le NPD. Refroidi et modéré à l'eau lourde, ce réacteur est considéré comme un banc d'essai pour la construction future des centrales PHW de

¹⁷ Lewis, W.B., *Possibilities of Generating Atomic Electric Power at Competitive Rates*, Rapport ÉACL, DL-17, 12 avril 1955. Une première évaluation, moins détaillée, du coût associé à la production d'électricité d'origine nucléaire avait déjà été réalisée par Lewis, en août 1951. Voir Lewis, W.B., *An Atomic Power Proposal*, Rapport ÉACL, DR-18, 27 août 1951.

¹⁸ Lewis, W.B., *op. cit.*, p. 17.

¹⁹ Bothwell, *op. cit.*, p. 239. Ce réacteur se matérialisera plus tard dans le réacteur prototypique de 20 MWe, le NPD, mis en service à Rolphton, 200 km au nord-ouest d'Ottawa.

²⁰ *Ibid.*

Pickering A et B sur les rives du lac Huron, à l'est de Toronto. Ces dernières seront mises en service au début des années soixante-dix, à peu près en même temps que Gentilly-1.

Au bout du compte, le choix canadien de l'uranium naturel et de l'eau lourde se situe bien dans la continuité de la direction amorcée par ÉACL avec les réacteurs ZEEP, NRX et NRU. Rétrospectivement le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1958-59 confirme que: «The first power reactors are direct evolution of the experimental NRX reactor which led to NRU and then to NPD», en ajoutant que le NPD combine les designs du NRX et du NRU avec des modifications qui lui permettent d'opérer à des pressions et températures plus élevées²¹.

2.3 Le partenariat ÉACL/CGE

La collaboration amorcée en 1954 entre ÉACL et O-H règle la question de l'exploitation du futur réacteur. Cependant, l'implantation d'un programme de réacteurs nucléaires de puissance nécessite également l'implication d'un maître d'œuvre, en d'autres termes, une entreprise qui construirait le réacteur. Chez ÉACL, on considère en effet que cette responsabilité doit échoir à l'industrie privée. L'effort fourni et le risque assumé dans la conception et le développement des réacteurs, dans l'établissement de liens entre les compagnies productrices d'électricité, en l'occurrence O-H, et les fournisseurs sont jugés déjà suffisants pour la compagnie fédérale²².

Pour cette raison, un appel d'offre est soumis en décembre 1954 à des constructeurs éventuellement intéressés, parmi lesquels la Canadian General Electric (CGE). Cette dernière est retenue, en février 1955, car jugée la plus apte à fournir les

²¹ Eggleston, *op. cit.*, p. 315.

²² Bothwell, *op. cit.*, p. 298.

composantes conventionnelles d'une centrale électrique, tels les échangeurs de chaleur, les turbines et les générateurs, qu'ÉACL n'aurait, de toute façon, pas le temps de mettre au point²³. Mais le plus important est que la CGE propose, dans sa réponse à l'appel d'offre, d'investir 2 millions de dollars dans la recherche et le développement du réacteur prototype²⁴. Bien sûr, comme le souligne Bothwell, ÉACL «fournirait toutes les données nécessaires à la préparation de leurs soumissions, se chargerait de l'approvisionnement en combustible nucléaire et en eau lourde et prêterait du personnel clé à l'adjudicataire»²⁵. Ce partenariat noué entre ÉACL et CGE aura des conséquences sur l'avenir du développement du programme nucléaire canadien et, comme nous le verrons au chapitre suivant, sur le début du projet BLW entre ÉACL et HQ.

Pour le moment, CGE est engagée, en 1956, dans la construction du NPD, en partenariat avec ÉACL et O-H. Le personnel technique du NPG, qui avait été créé, à l'été 1954, pour conduire l'étude de faisabilité sur le NPD, est divisé en deux groupes. Le premier groupe va demeurer dans les laboratoires d'ÉACL à Chalk River, sous la direction d'Harold Smith, un employé d'O-H. Sa mission consistera à travailler à la conception d'un réacteur de 200 MWe pour la compagnie d'électricité ontarienne, ce qui allait devenir la future centrale de Pickering A. Le deuxième est envoyé à Peterborough, ville dans laquelle CGE a implanté sa nouvelle division nucléaire, la Civilian Atomic Power Division (CAPD), afin de plancher sur le NPD. Ce groupe démissionnera plus tard d'ÉACL et se mettra à l'emploi de CGE, ce qui confèrera, théoriquement du moins, à cette dernière, les mêmes compétences qu'ÉACL en matière de conception, en plus de l'expérience acquise dans la construction du NPD. Selon Bothwell, ceci n'est pas forcément vu d'un mauvais œil

²³ *Ibid.*, p. 235.

²⁴ *Ibid.*, p. 236.

²⁵ *Ibid.*, p. 235.

par Bennett, qui «avait voulu faire du NPD la première étape du transfert d'une nouvelle technologie coûteuse mais intéressantes à l'industrie»²⁶.

Mais en pratique, les attentes de CGE en termes de contrats, ne vont pas tout à fait se réaliser. À l'hiver 1959, lorsqu'Herbert Smith, président de la CGE, s'enquiert auprès d'ÉACL de la possibilité de participer au projet du réacteur de 200 MWe, J.L. Gray, son nouveau président, lui apprend que CGE n'obtiendra probablement pas le contrat de construction²⁷.

La première raison de ce revirement est la mauvaise expérience vécue lors de la construction du NPD. Celle-ci a engendrée plusieurs dépassements de coûts qu'ÉACL attribue à l'incapacité de CGE à lui fournir des devis précis et à l'opacité de sa communication. Gray considère que le premier avantage que l'on aurait dû avoir à collaborer avec un partenaire privé était le contrôle et les limitations des coûts. Au contraire, avec CGE, le budget du NPD était passé d'une évaluation initiale de 13 millions de dollars en 1955 à 24 millions en décembre 1956²⁸.

La deuxième cause du retrait de CGE du projet du gros réacteur est attribuable à O-H. D'abord, celle-ci craint d'être captive du monopole d'un seul fournisseur. Harold Smith considérait déjà en 1955 qu'il était imprudent que «l'Ontario Hydro confie le sort de son programme nucléaire à une seule entreprise privée». Sans compter le fait que CGE est, de toute manière, obligée d'avoir recours au personnel d'ÉACL pour mener le projet à bien. O-H, qui a vu sa propre équipe nucléaire croître, en nombre et en expérience, depuis 1954, ne voit pas pourquoi ÉACL ne serait pas elle-même, de concert avec O-H, maître d'œuvre du projet. Selon Smith, l'équipe

²⁶ *Ibid.*, p. 282.

²⁷ *Ibid.*, p. 297.

²⁸ *Ibid.*, p. 275.

d'O-H doit à présent prendre ses responsabilités pour «suivre sa voie naturelle et participer au prochain grand projet à long terme de l'Hydro-Ontario»²⁹.

En guise de «lot de consolation», ÉACL propose à CGE le contrat de construction, à coût fixe, d'un réacteur expérimental de sa conception, supposé confirmer la faisabilité d'un concept alternatif au PHW, l'OCDR ou Organic Coolant Deuterium Reactor. Suite à une décision favorable rendue par le Conseil des ministres canadien le 5 janvier 1962, ce réacteur de recherche de 40 MWe au caloporteur organique sera bien construit trois ans plus tard, par CGE à Whiteshell au Manitoba³⁰. Nous reviendrons plus en détail, à la section suivante, sur le concept du réacteur OCDR, car il a constitué le rival le plus sérieux au BLW pour le titre de concept alternatif au PHW.

2.3 Les concepts alternatifs au PHW

À la fin des années cinquante, même si les Américains ont déjà pris de l'avance dans le développement des réacteurs de puissance, ÉACL croit qu'elle est toujours dans la course pour la conquête des marchés de l'énergie, surtout pour le marché intérieur, grandissant selon les prévisions de l'époque. Ainsi, le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1958-59 souligne que «le programme de développement nucléo-électrique du Canada est destiné à répondre aux besoins canadiens. La première région canadienne ayant besoin d'une nouvelle source d'énergie est le sud ontarien»³¹. Selon les prévisions d'ÉACL, la demande canadienne en électricité devrait continuer à progresser à un taux moyen de 5.5 à 7% pendant au moins 20 ans, à partir de 1962. La capacité totale à la fin de 1962 étant de 26 millions de kiloWatts

²⁹ *Ibid.*, p. 300.

³⁰ Sur le rôle joué par CGE dans le programme nucléaire canadien, voir: Cantello, Gerald, *The Roles Played by the Canadian General Electric Company's Atomic Power Department in Canada's Nuclear Power Program: Work, Organization and Success in APD, 1955-1995*, Mémoire de maîtrise: Trent University, Peterborough, mai 2003.

³¹ Rapport annuel ÉACL 1958-59, p. 5.

(kW), ce qui est prévu pour 1982 est de l'ordre de 75 à 100 millions de kW. De cette dernière fourchette, 10 à 20 millions devrait provenir du nucléaire³².

L'abondante disponibilité d'uranium naturel dans le sous-sol canadien est également un facteur encourageant au développement de la filière énergétique nucléaire. En effet, dès octobre 1953, on calcule que la production d'uranium canadien va quadrupler en deux ans et augmenter de 450% supplémentaires d'ici 1958³³. Le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1957-58 mentionne qu': «en employant l'énergie nucléaire comme source d'électricité dans les régions où les gisements de combustibles classiques font défaut, on n'aura pas besoin d'importer ces combustibles. Comme le Canada possède de grandes quantités d'uranium naturel, il est certain que sa balance commerciale en bénéficierait»³⁴. Le gouvernement fédéral semble également prêt à prendre les mesures nécessaires pour favoriser la technologie développée par ÉACL, comme le note Lewis : «Perhaps we should note that, in the recent Speech from the Throne at the opening of the current session of the Canadian Parliament, the Government announced that it had 'come to the conclusion that large scale, long term contracts for the export of power...should now be encouraged in order to expedite the development of major power projects in Canada'»³⁵.

Cependant, malgré les efforts importants consentis en R&D sur le PHW, des problèmes importants persistent, notamment celui des fuites d'eau lourde dans le réacteur. De l'avis de certains experts au sein d'ÉACL, ces problèmes auraient nécessairement un impact sur les clients potentiels de la technologie canadienne: «The cost of heavy water accounts for about 0.35mills/kWh of the unit cost of energy

³² PRDPEC, «Power Reactor Development Evaluation», Rapport ÉACL, AECL-1730, mai 1963.

³³ Bothwell, *op. cit.*, p. 227.

³⁴ Rapport annuel ÉACL 1957-58, p.5.

³⁵ Lewis, W.B., «The Growth and Yield of Atomic Energy Research», *Canadian Nuclear Technology*, vol. 2, no. 2, spring 1963, p. 27. La citation à laquelle réfère Lewis provient du *Journal Officiel de la Chambre des Communes du Canada*, 27 septembre 1962, page 9.

from a 500 MWe nuclear plant. Additionally, heavy water risk is a prime criticism of our plants. Development work leading to reduction in the cost of heavy water could be very profitable»³⁶. C'est dans le but de contourner ces problèmes qu'ÉACL entrevoit, vers la fin des années cinquante, la possibilité de s'engager, simultanément au volet PHW, dans la recherche autour de concepts différents de ce dernier, ce que révèle le rapport annuel de l'année 1958-59:

À la division des recherches et des développements sur les réacteurs et à la division des centrales nucléo-électriques on procède continuellement à des travaux d'études plus ou moins compliqués et plus ou moins avancés. Ces travaux ne sont pas considérés comme des projets définitifs tant qu'ils n'ont pas atteint un stade où l'on puisse décider de leur attribuer des fonds spéciaux. On fait des recherches sur différentes conceptions de réacteurs afin de déterminer leur valeur par rapport à la conception actuellement suivie par AECL³⁷.

En février 1962, J.L. Gray, président d'ÉACL, met sur pied le Power Reactor Development Program Evaluation Committee (PRDPEC), groupe dont la principale mission est d'évaluer et garder en vue les concepts de réacteurs alternatifs au PHW les plus prometteurs³⁸. Le comité examine, en particulier, quatre types de réacteurs, tous modérés à l'eau lourde, qui ont fait l'objet de recherches plus ou moins avancées depuis 1958³⁹: une version améliorée du PHW, un réacteur refroidi par un caloporteur organique ou Organic Cooled Deuterium Reactor (OCDR), un réacteur refroidi par «brouillard» ou Fog-Cooled Reactor⁴⁰ et, enfin, un réacteur refroidi à l'eau légère en ébullition ou Boiling Light Water (BLW)⁴¹.

³⁶ Lettre de L. Haywood à T.G. Church, 14 avril 1964.

³⁷ Rapport annuel ÉACL 1958-59, p.15.

³⁸ Fawcett, Ruth, *op. cit.*, p. 144.

³⁹ Voir le premier rapport du PRDPEC: «Power Reactor Development Evaluation», AECL-1730, mai 1963.

⁴⁰ Réacteur dans lequel un mélange d'eau et de vapeur sert de caloporteur et où l'eau est dispersée sous forme de brouillard dans la vapeur.

⁴¹ Fawcett, Ruth, *op. cit.*

La priorité pour ÉACL étant le développement du PHW, il est convenu que la majorité de l'effort de R&D devrait être dirigée vers les possibilités d'amélioration de ce dernier. En second lieu, les deux options alternatives au PHW qui se révèlent les plus intéressantes pour les chercheurs d'ÉACL sont l'OCDR et le BLW, ainsi que le rappellera, en 1968, Lee Haywood, vice-président des laboratoires nucléaires de Chalk River:

«...we were beginning to seek out the means by which the capital cost of the CANDU type reactor could be reduced. This activity gave rise to the identification of a few alternative concepts; the only important difference having to do with the coolant. The two coolants that survived the initial assessment and warranted further consideration were an organic fluid and boiling light water»⁴².

L'OCDR a pour avantage de fonctionner à une pression de vapeur réduite, ce qui permet d'employer des tubes de forces à parois moins épaisses et donc d'économiser sur les coûts des matériaux. Il permet aussi d'obtenir des températures plus élevées, donc un cycle de vapeur très efficace. De plus, le caloporteur organique est compatible avec le combustible, du carbure d'uranium naturel, lequel a une densité et une conductivité thermique plus élevées que l'uranium naturel⁴³.

Cependant, si l'OCDR possède des avantages et semble avoir pris une longueur d'avance sur les deux autres alternatives au PHW, ÉACL parait tout de même limiter le concept à des petites centrales (de puissance inférieure à 200 MWe) et note qu'il existe encore certaines inconnues majeures à son endroit, notamment les effets de la décomposition chimique du caloporteur provoquée par les radiations et les températures élevées, la formation de sous-produits ainsi que la formation de dépôts sur les équipements métalliques⁴⁴. Les problèmes liés à l'utilisation d'un caloporteur

⁴² Haywood, L.R., «The Role of AECL Laboratories», in *The Twelfth AECL Symposium on Atomic Power*, Ottawa, rapport ÉACL, AECL-3067, 19 avril 1968, p. 36.

⁴³ Greenwood, J. W., «Énergie nucléo-électrique au Canada», AECL-1950F, 1964, p. 37.

⁴⁴ Rapport annuel ÉACL 1958-59, pp. 14-15.

organique semblant plus complexes qu'anticipés, ÉACL avait décidé, dès 1959, qu'«au lieu de poursuivre le projet OADR, il valait mieux construire un réacteur d'essai, le WR-1, modéré à l'eau lourde et refroidi, en grande partie, par un liquide organique»⁴⁵. Ce réacteur d'essai permettrait de «mettre à l'épreuve diverses combinaisons de combustibles, de matériaux, de structures et de refroidisseurs»⁴⁶. Le choix de construire le réacteur de recherche WR-1⁴⁷ est d'ailleurs une option prudente puisqu'elle permet à ÉACL, dans un premier temps, d'économiser les coûts sur la R&D d'un réacteur organique plus puissant, sans pour autant abandonner le concept, au cas où des développements futurs le rendraient viable. De plus, comme nous l'avons mentionné précédemment, il permettait de maintenir les ingénieurs et scientifiques de CGE occupés.

2.4 Les réacteurs refroidis à l'eau légère

En mars 1963, aucun des quatre concepts à l'étude n'est définitivement mis hors-course, ainsi que le souligne D.G Hurst, directeur du Reactor Research and Development Division à Chalk River et membre du PRDPEC: «We have not yet reached the point where we could consider discarding anyone of the four systems»⁴⁸. Toutefois, le réacteur refroidi par brouillard et le BLW, tous deux refroidis par de l'eau ordinaire à deux phases (liquide et vapeur), possèdent deux avantages économiques appréciables aux yeux d'ÉACL. Premièrement, ils fonctionneraient à cycles directs, c'est-à-dire qu'ils ne nécessiteraient pas la conception d'échangeurs de chaleur pour l'envoi de la vapeur produite vers la turbine. Deuxièmement, ils

⁴⁵ Rapport annuel ÉACL 1961-62, p. 11.

⁴⁶ *Ibid.*, p.13.

⁴⁷ Le réacteur organique de recherche WR-1 de 40 MWt a été conçu par ÉACL et construit par CGE à Whiteshell au Manitoba en 1965. Il était modéré à l'eau lourde et utilisait comme caloporteur un mélange de terphényles traités catalytiquement avec de l'hydrogène pour produire des hydrocarbures saturés. Le WR-1 est entré en opération le 1^{er} novembre 1965 et a été mis hors service le 17 mai 1985. Voir: Hurst, D.G. (Ed.), *Canada Enters the Nuclear Age: A Technical History of Atomic Energy of Canada Limited as Seen from its Research Laboratories*, McGill-Queen's University Press, 1997, pp. 325-332.

utiliseraient comme caloporteur de l'eau ordinaire qui est économique et dont les propriétés physico-chimiques sont bien connues contrairement au caloporteur organique⁴⁹. Ce facteur constitue un handicap important pour l'OCDR par rapport au BLW. Hurst note ainsi que le caloporteur organique, à l'opposé de l'eau ordinaire, n'est pas un «self-healing coolant», puisque les radiations du combustible y produisent des changements constants. Même si des expériences menées dans la boucle organique X-7 de Chalk River montrent des améliorations du comportement du caloporteur organique, Hurst juge qu'à long terme, son handicap demeurerait insurmontable⁵⁰.

Le réacteur refroidi par brouillard et le BLW sont deux concepts assez similaires, qui peuvent être classifiés dans la même famille, celle des réacteurs refroidis par eau légère à deux phases. Pour que cette famille de réacteurs puisse être compétitive par rapport au PHW, «la quantité d'eau ordinaire qui se trouve à l'intérieur du cœur du réacteur doit être maintenue à un minimum pour conserver les neutrons et pour réduire les changements de réactivité dus aux vide qui se produisent dans le caloporteur»⁵¹. Avec le réacteur refroidi par brouillard, la quantité d'eau dans le cœur serait de 4 millions de kg/h. Avec un BLW, cette quantité serait réduite à 2.7 millions de kg/h⁵². Le BLW est, de ce point de vue, plus économique que le réacteur refroidi par brouillard, d'autant plus qu'il permet de réaliser des économies supplémentaires sur certaines composantes: «The use of water in place of fog allows the steam compressors, required for the fog reactor, to be eliminated»⁵³. Et même si, de l'avis de certains, les deux options étaient aussi viables économiquement l'une que

⁴⁸ Lettre de D.G. Hurst à T.G. Church, secrétaire du PRDEPC, 6 mars 1963.

⁴⁹ Rapport annuel ÉACL 1962-63, pp. 12-13. Voir aussi, Greenwood, J. W., *op. cit.*, 1964, p 35.

⁵⁰ Lettre de D.G. Hurst à T.G. Church, 6 mars 1963.

⁵¹ Greenwood, *op. cit.*, p. 35.

⁵² *Ibid.*

⁵³ Chalk River Staff, «Natural Uranium Boiling Light Water Reactor Study 450 MW(e)», ARE-9, décembre 1962, p. 8.

l'autre, l'avantage irait quand même au BLW, car il nécessiterait moins d'efforts en R&D: «The boiling light water cooled concepts requires only the development of a suitable fuel channel. Since both [fog-cooled et BLW] appear to have about the same economic potential and since the development for the latter is so concentrated it seems the preferable alternative of the two»⁵⁴.

Un concept de réacteur, découlant directement du BLW, fait également l'objet de recherches. Il s'agit du concept de réacteur à passe unique, ou «Once-Through Reactor». Dans ce dernier, la quantité d'eau légère dans le cœur serait encore plus faible que dans les deux premiers, soit 0.8 millions de kg/h. Ceci, grâce au fait que 95% de la masse d'eau à la sortie des canaux de combustible serait sous forme de vapeur. Le réacteur à passe unique serait donc très économique. À cette réduction de coûts s'ajouterait l'élimination d'une partie du dispositif de recirculation d'eau, nécessaire dans les réacteurs à brouillard et à eau bouillante légère. Au sein d'ÉACL, certains voient alors le BLW comme une étape intermédiaire vers le développement du réacteur à passe unique. Si l'on pouvait démontrer que le BLW fonctionne sans problèmes d'instabilité avec un taux de vapeur à la sortie du cœur du réacteur de 60%, il ne serait pas impossible d'envisager de passer à 90% ou 95% dans une étape ultérieure. La suite des événements fera que le concept de réacteur à passe unique ne sera pas poursuivi, mais il aura quand même eu une influence importante sur le design du BLW: le choix de l'orientation du cœur du réacteur. En effet, la raison pour laquelle on optera pour une orientation verticale des tubes de forces dans le BLW (alors qu'initialement le choix de cette orientation était horizontal⁵⁵) est que le réacteur à passe unique ne pouvait fonctionner qu'avec un cœur orienté

⁵⁴ Foster, J.S., «Light Water Cooled Reactors», 11 mars 1963, p. 9.

⁵⁵ En décembre 1962, l'orientation du cœur proposée est horizontale. Voir le rapport ÉACL, ARE-9, décembre 1962, p. 1.

verticalement⁵⁶. Et ce choix de conception, comme nous le verrons plus tard, aura des conséquences importantes sur le projet de Gentilly-1.

En mai 1963, le premier rapport produit par le PRDPEC, montre les premiers signes du passage de priorité des réacteurs organiques vers les réacteurs à eau légère:

«The economic attraction of organic cooled design justifies its continued development. In view, however, of uncertainties that still remain it cannot be recommended for the highest priority. It is important to retain close relationship with the development work in this field in the U.S.A and Euratom because of the extensive materials development still required [...] Development of the fog- and boiling-water cooled channels may bring rapid rewards and should be pressed vigorously»⁵⁷.

Il recommande ainsi que l'on fasse un choix d'ici la fin de l'année 1964 entre le BLW et l'OCDR⁵⁸. Un an plus tard, en juin 1964, le comité d'évaluation observe que les recherches sur le développement de l'OCDR sont en train d'être abandonnées et détournées au profit du BLW: «effort is being dropped on organic cooled reactor systems and applied to the water-cooled program»⁵⁹. Il prévoit, par conséquent, recommander, à la fin de l'année, la construction d'un réacteur prototype de type BLW⁶⁰. Cette décision est aussi dictée par le manque de ressources humaines et financières au sein d'ÉACL, un manque qui l'empêche de mener plusieurs programmes de recherches en parallèle. Cette réalité sera rappelée par Lewis, en 1970: «Because of the limited effort available to the atomic energy program in

⁵⁶ G.L. Brooks and G.A. Pon, «Conceptual Design of a Natural Uranium Boiling Light Water Reactor», Rapport ÉACL, AECL-2211, mars 1965, p. 5. Voir aussi: lettre de G.L. Brooks à G.A. Pon, 22 février 1965: «*The reactor should be vertically oriented. This will ensure that coolant conditions achievable in future reactors of this type are not limited by coolant phase segregation at low mass velocities[...]The vertical orientation also eliminates pressure tube sag as a limitation on core length*».

⁵⁷ PRDPEC, «Power Reactor Development Evaluation», Rapport ÉACL, AECL-1730, mai 1963, pp. 21-22.

⁵⁸ PRDPEC, Minutes of the 7th Meeting, 1615-P1, vol.1, 21 mars 1963.

⁵⁹ PRDPEC, Minutes of the 15th Meeting, 1615-P1, vol.2, 4 juin 1964.

⁶⁰ *Ibid.*

Canada it became necessary in 1965 to select only one other type for development and the boiling H₂O coolant was chosen...»⁶¹.

Quelques semaines plus tard, Lee Haywood informe J.L. Gray, président d'ÉACL, des plus récentes conclusions du comité d'évaluation, notamment sur l'émergence du BLW comme unique concept alternatif au PHW, et évoque la possibilité d'aboutir à un réacteur à passe unique: «Recent developments, particularly including AECL de-emphasis of the organic program have made it obvious that if we are to pursue a program based on an alternative coolant that the program will be directed towards the use of light water as a coolant. The end point would probably be a once through (90-95% exit quality) system.» [nous soulignons]⁶². Il ajoute que la recommandation devrait porter sur «an operating 250 MWe BLW power plant [that] should be established as a goal for achievement by 1971 if this is consistent with Company policy and capabilities»⁶³. La recommandation officielle du PRDPEC auprès de la direction d'ÉACL n'interviendra, toutefois, que quelques mois plus tard, en février 1965, par l'intermédiaire de W.B. Lewis.

2.5 Le BLW: des promesses et des incertitudes

À la fin de l'année 1962, une étude sur la conception d'un réacteur BLW d'une puissance de 450 MWe avait été préparée par une équipe d'ingénieurs au sein d'ÉACL dont faisait partie G.A. Pon, membre de la Reactor Research and Development Division à Chalk River et futur directeur de la conception du réacteur de

⁶¹ Lewis, W.B. and J.S. Foster, «Canadian Operating Experience With Heavy Water Reactor», AECL-3569, août 1970, p. 17.

⁶² Lettre de L. Haywood à J.L. Gray, 23 juin 1964.

⁶³ *Ibid.*

Gentilly-1⁶⁴. Par rapport à son «rival» PHW, le concept BLW paraît séduisant pour plusieurs raisons.

Comme nous l'avons mentionné auparavant, le refroidissement à l'eau légère est particulièrement bien adapté pour une centrale à cycle direct. Il permet l'élimination de la portion des échangeurs de chaleurs dans les générateurs de vapeur, dont résulterait d'importantes économies de matériaux, de temps de conception et de construction. L'eau lourde est moins bien adaptée à ce genre de cycle à cause de son coût élevé et de sa toxicité⁶⁵.

Ensuite, l'utilisation de l'eau ordinaire dans le système de caloportage rend le BLW à la fois plus économique et plus attrayant pour les acheteurs éventuels, puisque ces derniers dépendraient moins du besoin en eau lourde et des pays qui en fournissent. L'élimination de grandes quantités d'eau lourde présentes à haute pression et haute température dans le réacteur permettrait aussi d'éliminer les risques associés à l'exposition des opérateurs et du public au tritium, un isotope de l'hydrogène, en cas de fuite ou d'accident⁶⁶.

De plus, le projet BLW représente une option sérieuse parce qu'il est tout à fait intégré à un système de connaissances et d'expériences le mieux maîtrisé par ÉACL, comme le mentionne G.A. Pon en 1963: «We feel that light-water-cooled reactors are a natural and logical development of the CANDU [PHW] concept»⁶⁷. Sur papier, la conception des grappes de combustible du BLW s'inspire fortement de celle du PHW et, en 1964, des tests d'irradiation de grappes BLW dans une boucle d'eau légère du NRU viennent en confirmer la faisabilité. ÉACL reçoit également

⁶⁴ Chalk River Staff, «Natural Uranium Boiling Light Water Reactor Study 450 MW(e)», ARE-9, décembre 1962.

⁶⁵ «Power Reactor Development Evaluation», AECL-1730, 1er mai 1963, p. 11.

⁶⁶ Hurst, D.G. (Ed.), *op. cit.*, p. 319-320.

confirmation de la part des fournisseurs du combustible du PHW que le combustible du BLW, à quelques altérations près, pourrait être fabriqué sur les mêmes lignes de production⁶⁸.

Enfin, Hurst considère que le développement du BLW est essentiel pour la stratégie commerciale d'ÉACL. Selon lui, s'il s'avérait que les prix d'un réacteur PHW et BLW étaient identiques, il n'y aurait pas de marché mondial pour le PHW. À prix égal, l'acheteur préférerait un BLW, qui lui éviterait une dépendance à l'eau lourde et aux risques qui lui sont associés. Pire, si le Canada décidait d'investir uniquement dans le concept PHW, rien n'empêchait qu'un compétiteur, fabriquant des réacteurs modérés à l'eau lourde, puisse utiliser l'eau légère comme caloporteur et s'accaparer le marché canadien⁶⁹.

Malgré la portée socio-économique et la rationalité scientifique et technique justifiant la mise en œuvre du concept BLW et malgré les avantages de la technologie du BLW expliquant le choix d'ÉACL, il ne faut pas oublier que cette technologie est encore assez peu développée et qu'elle nécessite, quand même, d'importants investissements: «Although the development required is concentrated it would not be brief and inexpensive (...) considerable heat transfer experimentation will be necessary»⁷⁰. Le concept BLW revêt un caractère évident de recherche et de développement puisqu'on compte y introduire, entre autres, deux innovations majeures. Celles-ci vont le distinguer, au-delà de l'utilisation de l'eau légère comme

⁶⁷ Pon, G.A., «Light-Water-Cooled Heavy-Water-Moderated Natural-Uranium Power Reactor», in *The Ninth AECL Symposium on Atomic Power*, Toronto, AECL-1807, 23 septembre 1963, p. 67.

⁶⁸ Hurst, D.G. (Ed), *op. cit.*, p. 321. Voir également cette citation: «A great deal of supporting experience has been accumulated with in-pile and out-pile experiments for this logical evolutionary step [le BLW] in the CANDU concept. Multi-element fuel bundles have been irradiated successfully under bulk boiling conditions in experimental loops of the Chalk River reactors. These experiments confirm that no radically different approach in design will be required for the BLW system», dans Gray, J.L., Lewis, W.B. and L.R. Haywood, «Candu reactors to 1980 and in the Long Term», AECL-2483, World Power Conference, Tokyo Sectional Meeting, 16-20 octobre 1966, p. 3.

⁶⁹ PRDPEC, Minutes of the 14th meeting, 1615-P1, vol. 2, 24 mars 1964.

⁷⁰ J. Foster, «Appraisal of Alternative Systems», 11 mars 1963, p. 7.

caloporteur, des réacteurs canadiens déjà construits. La plus importante innovation est le choix, pour le cœur du réacteur, d'une orientation verticale avec un caloporteur circulant du bas vers le haut. Tel que déjà mentionné, ce choix relève du désir, à long terme, d'aboutir vers le concept, plus économique, de réacteur à passe unique, car l'on admet bien qu'un BLW serait tout à fait réalisable avec un cœur orienté horizontalement:

«This [vertical] core orientation was adopted mainly to permit extrapolation of the design to very high coolant outlet qualities (say 90%). At the low mass velocity consistent with 90% outlet quality, it is possible for stratification to take place in the steam water mixture which could reduce the amount of heat removable for a given coolant flow. There is, however, no doubt that the present reference design (outlet quality of 60%) could be realized with the core horizontally oriented»⁷¹.

Une deuxième innovation consiste dans le choix d'effectuer le chargement du combustible dans le cœur du réacteur, uniquement par sa partie inférieure. Cela nécessite le développement d'une nouvelle machine à combustible, beaucoup plus complexe, mais moins coûteuse à fabriquer que deux machines traditionnelles. De plus, elle occuperait moins de place dans le bâtiment du réacteur, ce qui rend ce dernier plus compact et moins cher à construire. Enfin, autre source d'économie, avec cette machine, il serait possible d'assembler des canaux de réacteur en usine (*shop assembly*) avant de les envoyer sur le site du réacteur, au lieu de les envoyer par morceau, puis de les monter sur place (*field assembly*)⁷².

À ces nouvelles orientations décidées par les ingénieurs et scientifiques d'ÉACL vient s'ajouter un facteur d'incertitude encore plus important. Bien que certaines études aient démontré, à la fin des années cinquante et au début des années

⁷¹ Brooks, G.L. and G.A. Pon, «Conceptual Design of a Natural Uranium Boiling Light Water Reactor», Rapport AECL-2211, mars 1965, p. 5.

⁷² *Ibid.*, p. 6.

soixante, la faisabilité scientifique du concept, notamment dans des boucles des réacteurs de recherche de Chalk River ainsi qu'à l'Université Columbia aux États-Unis dans le cadre d'une entente canado-américaine⁷³, la question du contrôle d'un réacteur BLW reste en suspens en raison de la valeur élevée de son coefficient de réactivité du vide. Dans les réacteurs de type CANDU, la valeur de ce coefficient est positive. Tant qu'il est maintenu à une valeur suffisamment basse, comme c'est le cas dans les réacteurs de type PHW, les problèmes d'instabilité dans le contrôle de la puissance du réacteur sont circonscrits. Mais dans les réacteurs de type BLW, la valeur positive du coefficient de réactivité du vide semble trop élevée pour éviter ce genre de problèmes, comme le rappellera encore Hurst à Lewis en février 1965: «It is essential that problem of control and stability be studied. These problems are much more important than in CANDU-PHW reactors because of the large coolant reactivity effect and rapid change in reactivity and heat transfer under boiling conditions»⁷⁴.

Les ingénieurs et scientifiques d'ÉACL sont conscients, depuis le début des travaux sur le concept BLW, de l'importance cruciale de la question du contrôle du réacteur⁷⁵. Celle-ci constituera leur source de préoccupation majeure dans la suite du développement du BLW. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet, au chapitre suivant, pour montrer comment il a continué à jouer un rôle important jusqu'à bien plus tard dans le projet Gentilly-1. Pour l'heure, nous voyons bien que le BLW est un

⁷³ Les résultats des expériences menées à l'université de Columbia sont donnés dans: Matzner, B., Casterline, J.E., Moeck, E.O., Wikhammer, G.A., «Experimental Critical Heat Flux Measurements Applied to a Boiling Reactor Channel», *The American Society of Mechanical Engineering*, 1966 Annual Meeting, pp. 2-11.

⁷⁴ Mémo de D.G. Hurst à W.B. Lewis, 15 février 1965.

⁷⁵ Le premier rapport du PRDPEC sur le BLW, publié en mai 1963, mentionne que: «*the reactivity controlled by a coolant of variable density must be limited by using little water...*», Rapport AECL-1730, 1 mai 1963, p. 18. En septembre 1963, G.A. Pon rappelle que: «*The void coefficient of reactivity of this type of reactor [BLW] is positive and it should therefore be held to a minimum to ease requirements*», «Light-water-cooled heavy-water-moderated natural-uranium power reactors», 23 septembre 1963, AECL-1807, p. 59. Le 25 novembre 1964, dans le compte-rendu de la 17^{ème} reunion du PRDPEC, on peut lire que: «*Hurst agreed the control problem is the most important and considered that BLW safety may require a lengthy development program*», PRDPEC, Minutes of the 17th Meeting, 1615-P1, vol. 2, 25 novembre 1964.

concept prometteur du point de vue technique et commercial mais qu'il recèle une part de risque et d'incertitude réelle quant au travail de R&D à réaliser avant d'aboutir à un réacteur de puissance viable.

2.6 Le BLW: du concept au prototype

Malgré l'incertitude liée au contrôle du réacteur BLW, ÉACL demeure optimiste quant à la possibilité de résoudre le problème d'une manière satisfaisante dans le futur, comme l'illustre cette citation de G.A. Pon, datant de septembre 1963:

«These light-water-cooled reactors have a positive void coefficient. We are at present doing a control analysis on an analogue computer to assess the problem and to specify a control system. At present time, we do not feel that this is a major feasibility problem as the NRX has operated satisfactorily with a positive void coefficient»⁷⁶.

Plus tard, en août 1966, s'appuyant sur les résultats des expériences menées conjointement par ÉACL et l'USAEC (US Atomic Energy Commission) à l'Université Columbia, Pon ajoutera que: «The positive void coefficient and power coefficient of reactivity of this reactor is not expected to lead to any difficulty in the control and regulation of the reactor»⁷⁷.

En février 1965, Lewis, portant la voix du PRDPEC auprès de J.L. Gray, recommande la construction d'un réacteur prototype de 250 MWe (le BLW-250) «[that] will provide a sufficiently large array of fuel channel suitable for large power reactor to explore hydraulic, heat transfer, fuel performance, control question, and economics realistically»⁷⁸. Le travail de développement qui reste à faire avant de s'assurer de la faisabilité du concept et de parvenir à un design qui réponde aux

⁷⁶ Pon, G.A., «Light-Water-Cooled Heavy-Water-Moderated Natural-Uranium Power Reactor», in *The Ninth AECL Symposium on Atomic Power*, Toronto, AECL-1807, 23 septembre 1963, p. 67.

⁷⁷ Pon, G.A., «CANDU-BLW-250 Progress Report», *op. cit.*, p.7.

⁷⁸ Lettre de W.B. Lewis à L. Gray, 5 février 1965.

conditions de celui-ci, est encore important, notamment au niveau du contrôle de la réactivité et du transfert de chaleur. On considère que l'on ne pourra apporter de réponses à ces questions qu'en réalisant des tests à grande échelle, les expériences en laboratoire n'étant plus suffisantes à ce stade⁷⁹. Pour parer rapidement à ces difficultés, et en attendant la construction du prototype, Lewis suggère à Gray la conversion éventuelle du NPD, le réacteur prototype du concept PHW, en BLW: «Physics design calculations indicate that the reactivity control problem can be handled. However, it is desirable to confirm these by experimental work, perhaps involving the conversion of NPD to boiling H₂O coolant»⁸⁰. En comptant sur la conversion du NPD en BLW pour fournir une partie des données nécessaires, le PRDPEC prévoit un programme de développement de deux ans, s'étalant de janvier 1965 à janvier 1967. Il viserait à produire un plan de conception préliminaire, des estimés de coûts et à nouer une collaboration avec un partenaire commercial⁸¹. Dans les faits, cette conversion du NPD en BLW ne se fera jamais, mais cela n'empêchera pas le plan d'être mis en œuvre.

Le caractère prototypique du BLW-250 est d'autant plus évident que, comme Lewis le souligne dans sa lettre à Gray, on s'attend à ce que le réacteur connaisse des difficultés à ses débuts: «some reduced capacity operation and a few extended outages for improvement during the early life of the plant are to be expected»⁸². Mais il ne l'est pas du seul point de vue scientifique et technologique; il l'est aussi d'un point de vue de la stratégie commerciale puisque ÉACL cherche dans les faits à établir les bases d'un réacteur de 500 MWe, qui serait plus près des besoins des acheteurs: «The most probable early commercial applications for this new design of reactors will be in units of 500 MWe or above»⁸³. Le projet BLW n'est donc pas une

⁷⁹ Rapport annuel ÉACL 1965-66, p. 19.

⁸⁰ Lettre de W.B. Lewis à L. Gray, 5 février 1965.

⁸¹ PRDPEC, Minutes of the 16th Meeting, 1615-P1, vol. 2, 5 août 1964.

⁸² Lettre de W.B. Lewis à L. Gray, 5 février 1965.

⁸³ *Ibid.*, p. 2.

entreprise isolée et complètement indépendant, mais plutôt un outil dans une stratégie de développement à long terme. Le projet sert à explorer d'autres possibilités, autant techniques que commerciales, car il porte en lui d'autres finalités que la sienne.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tenté de reconstituer les événements qui ont mené à l'émergence du concept BLW en tant que principale alternative au PHW.

Nous avons tout d'abord rappelé que le choix du PHW, comme pierre angulaire du programme nucléaire canadien de puissance, constituait une suite logique dans l'évolution des recherches et des expériences acquises dans les laboratoires de Chalk River depuis 1943. Le choix de ce concept était également l'unique promesse, à court terme, de construction d'un réacteur prototypique, dans l'éventualité de nouer un partenariat commercial au Canada, en particulier en Ontario. Nous avons également décrit la manière dont se sont nouées les relations entre ÉACL, O-H et CGE, respectivement concepteur, exploitant et constructeur du réacteur NPD. Ces deux derniers acteurs joueront, directement ou indirectement, un rôle notable dans le partenariat qui sera ensuite nouée entre ÉACL et HQ. Les relations entre ces dernières seront, à cet égard, structurées par les liens préexistants entre ÉACL, OH et CGE.

Par la suite, nous avons couvert la période d'émergence des concepts alternatifs au PHW, de la fin des années cinquante au début des années soixante, en expliquant comment le concept du BLW a fini par définitivement s'imposer au sein d'ÉACL, à la fin de l'année 1964. Nous sommes revenus sur les facteurs, économiques et techniques, qui ont poussé les ingénieurs, scientifiques et décideurs d'ÉACL à opter pour le BLW tout en insistant sur l'aspect expérimental et novateur du projet. Enfin, l'incertitude associée au concept BLW a bien été mise en relief dans

le caractère prototypique que le PRDPEC et la direction d'ÉACL ont octroyé au projet BLW-250.

À présent, il reste à ÉACL à réaliser le projet BLW sur le terrain, ce qui nécessite la participation d'un partenaire commercial. C'est de cette étape dont il sera question au chapitre suivant, avec l'entrée, ou plutôt, le retour d'Hydro-Québec dans les affaires nucléaires et la mise sur pied du projet de la centrale de Gentilly-1 (Figure 2.1 et Figure 2.2).

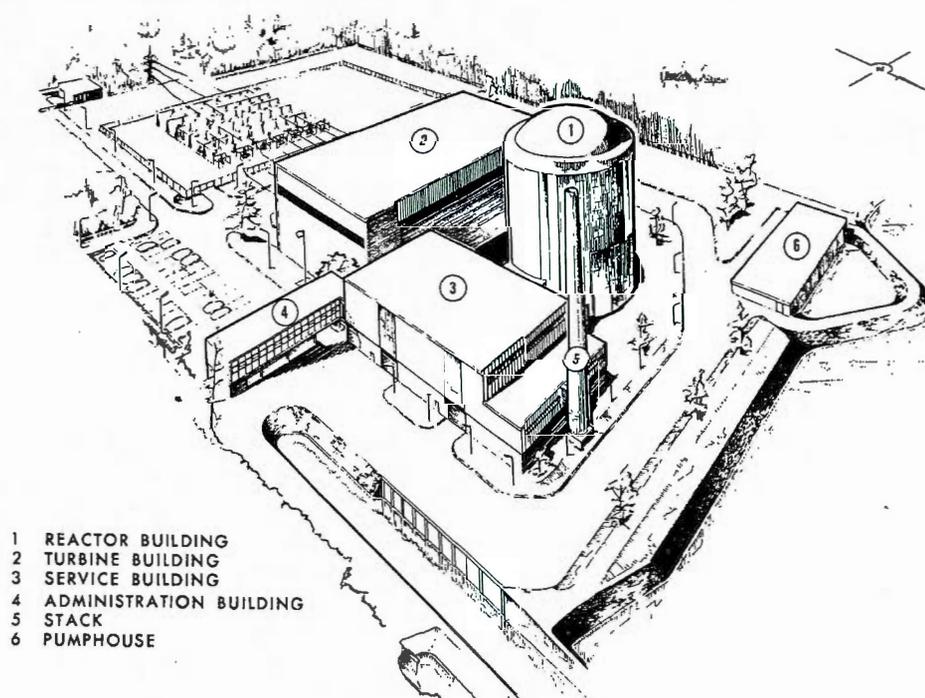


Figure 2.1 Vue schématisique de la centrale de Gentilly-1⁸⁴

⁸⁴ Image tirée de: Pon, G.A, «CANDU-BLW-250», AECL-2942, septembre 1967, p. 10.

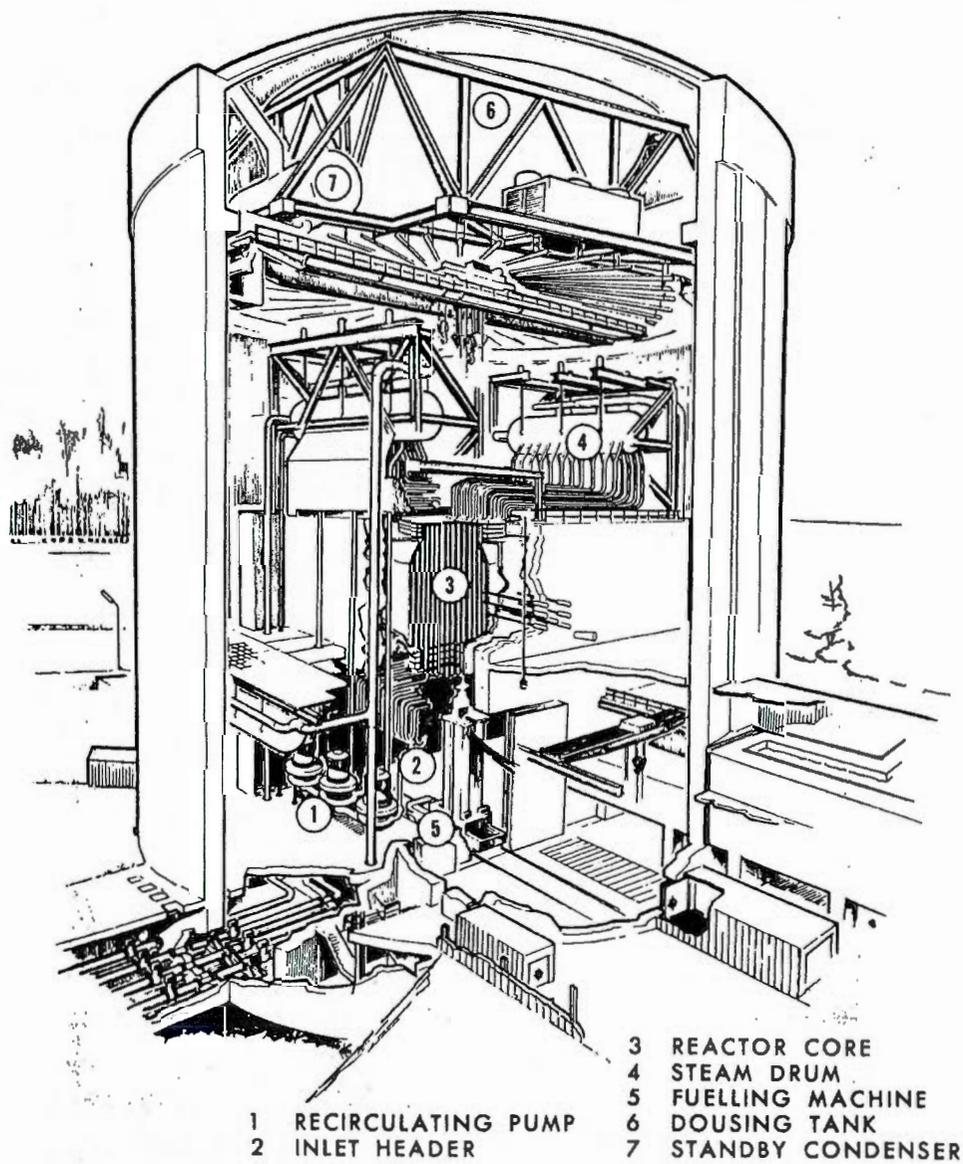


Figure 2.2 Vue schématique du bâtiment réacteur de Gentilly-1⁸⁵

⁸⁵ Image tirée de: Pon, G.A., «CANDU-BLW-250», AECL-2942, septembre 1967, p. 11.

CHAPITRE III

LE PROJET BLW ET L'ENTRÉE D'HQ DANS L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE

3.1 Introduction

Ce chapitre fait le lien entre l'émergence du projet BLW au sein d'ÉACL et sa mise en œuvre en collaboration avec la société d'État Hydro-Québec (HQ), à travers la centrale nucléaire de Gentilly-1.

La première partie du chapitre s'attache essentiellement à décrire les circonstances et les étapes qui ont mené HQ à faire son retour dans les affaires nucléaires. Ce retour s'est fait officiellement par l'annonce, le 10 mai 1965, de la construction, sur le site de Saint-Édouard de Gentilly, d'une centrale de type BLW de 250 MWe. Mais il a été initié dès l'automne 1963, d'abord par le retour du président d'HQ, Jean-Claude Lessard, au C.A. d'ÉACL, puis de manière beaucoup plus significative, par la création de liens d'affaires avec CGE et ÉACL. Nous expliquerons, premièrement, pourquoi HQ, entreprise dont l'expertise est essentiellement tournée vers la production hydro-électrique, s'est intéressée à l'énergie nucléaire. Intérêt qui s'est concrétisé en premier lieu par des démarches entreprises par CGE auprès d'HQ pour lui vendre un réacteur de type PHW similaire à celui conçu par ÉACL. Parallèlement, nous décrirons les liens qui se sont établis entre HQ et ÉACL dans le but d'établir des relations commerciales. Enfin, une fois établi le choix d'HQ pour un fournisseur, nous tenterons d'expliquer sa stratégie à long terme pour l'appropriation et l'exploitation de la technologie nucléaire ainsi que son choix d'opter pour un réacteur de type BLW au lieu du PHW, concept qui était pourtant mieux éprouvé à l'époque.

La deuxième partie du chapitre traite de la poursuite du développement du concept BLW au sein des laboratoires d'ÉACL, ceci jusqu'à la mise en opération de Gentilly-1, en novembre 1970. Comme nous l'avons montré au chapitre précédent, au moment de l'annonce de la construction de Gentilly-1, en mai 1965, le concept BLW est encore loin d'être éprouvé. Le travail de R&D sur le problème de stabilité du réacteur, en particulier sur la valeur de son coefficient de réactivité du vide, se poursuit tout au long de la deuxième moitié des années soixante, en même temps que le chantier de construction de la centrale. Ce travail est d'une importance cruciale, car son résultat doit non seulement déterminer la viabilité du réacteur de 250 MWe mais surtout, la faisabilité d'un réacteur BLW de 500 MWe, véritable objectif commercial d'ÉACL derrière le réacteur de Gentilly. Dans ce contexte, il est intéressant de constater que la centrale de Gentilly-1 assume un fardeau double. Celle-ci doit jouer le rôle de réacteur expérimental, en même temps que celui de centrale de production, qui la soumet également à un impératif commercial. Par conséquent, contrairement au concept PHW, qui a eu ses prototypes dans le NPD et dans la centrale de Douglas Point avant de passer à la démonstration de sa viabilité commerciale par l'entremise de Pickering A, le BLW a vu ces deux étapes être concentrées dans un seul et même réacteur, Gentilly-1.

3.2 Les débuts d'HQ dans le nucléaire

C'est avec sa nationalisation, le 1^{er} mai 1963, qu'HQ devient l'une des plus importantes sociétés publiques en matière de production et de vente d'électricité au Canada¹. Élément majeur de la stratégie énergétique québécoise, la

¹ «La nationalisation de 1963, ajoute à l'actif d'Hydro-Québec quelques trente-neuf centrales hydroélectriques déjà en opération ; ces immobilisations viennent compléter l'ensemble des huit centrales hydro-électriques et des trois centrales thermiques dont elle disposait déjà. Ces acquisitions permettent à l'entreprise de doubler entre 1962 et 1964 le montant de l'actif ainsi que la puissance installée, qui passent respectivement de 1239 à 2351 M\$ et de 3675 à 6572 mégawatts. En 1962, les ventes se situent à 17,8 pour atteindre 35,2 milliards de kWh en 1964, tandis que les revenus des ventes passent de 11,2 à 269 M\$; le nombre des abonnés croît de 590 000 à 1 360 000. À plusieurs égards la nationalisation double la taille de l'entreprise.». Voir

nouvelle société d'État doit planifier ses besoins à long terme et envisager toute possibilité de développement de son potentiel de production. Le rapport annuel pour l'année 1963 est bien clair à ce sujet: «Les ingénieurs étudient constamment les développements des sources alternatives d'énergie, comme l'énergie thermo-électrique, l'énergie thermo-nucléaire, etc. Si l'avancement de la science prouve que les nouvelles techniques sont plus avantageuses, l'Hydro-Québec assumera comme elle l'a fait dans le passé son rôle de chef de file» [nous soulignons]². Cela est d'autant plus important que, selon les prévisions d'HQ, la demande d'électricité est appelée à croître dans les décennies à venir, comme il est rappelé dans son rapport annuel de 1965:

L'accroissement de la demande est si grand qu'il faut réviser constamment les projets d'expansion, les apports de puissance pourront ainsi couvrir l'augmentation annuelle de la charge, laquelle dépasse actuellement toute la puissance installée dont l'H-Q disposait en 1950 [...] Si considérable soit-il, le potentiel rentable à mettre en valeur ne suffira pas, cependant, à couvrir l'accroissement de la charge au-delà de 1985³.

Dans ce contexte, en guise de complément au potentiel hydro-électrique, «les recherches faites semblent indiquer que seule l'électricité d'origine nucléaire pourra dans l'avenir faire concurrence aux usines thermiques classiques»⁴. La nomination de Jean-Claude Lessard, président d'HQ, au C.A. d'ÉACL en 1963, est le premier pas par lequel la société d'État se réengage dans l'aventure nucléaire. Cette nomination rompt avec l'attitude qu'elle observe depuis 1954, alors qu'elle s'était retirée du conseil d'administration d'ÉACL pour des raisons de conflit fédéral-provincial au sujet des juridictions en matière d'énergie et de richesses naturelles.

Faucher, Philippe et Johanne Bergeron, *op. cit.*, p. 49. Voir également: Hogue, Clarence, Bolduc, André et Daniel Larouche, *Québec: un siècle d'électricité*, Montréal: Libre Expression, 1979, pp. 261-298.

² Rapport annuel HQ 1963, avril 1964, p. 8.

³ Rapport annuel HQ 1965, avril 1966, p. 6.

⁴ *Ibid.*, p.7

L'intérêt d'HQ pour l'énergie d'origine nucléaire se produit aussi d'une manière beaucoup plus concrète qu'un simple retour au C.A. d'ÉACL. En effet, au mois d'octobre 1963, CGE insiste auprès de Lessard pour qu'il lui permette de présenter à HQ des propositions portant sur la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire. Le 14 novembre 1963, J.L. Olsen et N.L. Williams de CGE rencontrent D.M. Farnham, ingénieur en chef d'HQ, et lui proposent de participer à une étude visant à établir «an up-to-date standard Canadian design»⁵, étude dont la contribution financière d'ÉACL sera sollicitée, mais non celle d'HQ. Les représentants de CGE soulignent de plus que le gouvernement fédéral consentirait plus facilement au financement d'une telle étude si une autre province que l'Ontario était impliquée⁶.

Le nouveau design proposé par CGE s'avère être effectivement basé sur le concept canadien de réacteur nucléaire, modéré et refroidi à l'eau lourde, mais avec la particularité que le cœur du réacteur serait immergé dans de l'eau légère, qui servirait d'écran biologique en lieu et place du béton⁷. C'est sur la base de ce nouveau design qu'HQ et CGE s'entendent pour procéder à l'étude détaillée d'une centrale de 250 MWe à remettre pour approbation à HQ le 15 avril 1965. CGE travaillerait à la portion nucléaire de cette station tandis que les ingénieurs-conseils d'HQ et de Surveyer, Nenninger et Chênevert (SNC), en collaboration avec la Montreal Engineering Limited (MEL), travailleraient à la portion conventionnelle⁸.

Mais l'initiative d'HQ ne s'arrête pas là. Fin mars 1964, J.L. Gray, président d'ÉACL, fait parvenir à Lessard un texte expliquant la politique d'ÉACL quant à l'attachement de personnel externe à son équipe basée à Toronto

⁵ Lettre de J.L. Olsen à D.M. Farnham, 18 novembre 1963 et lettre de D.M. Farnham à J.C. Lessard, 6 décembre 1963.

⁶ Lettre de J.L. Olsen à D.M. Farnham 18 novembre 1963.

⁷ Lettre de J.L. Gray à B. Baribeau, 29 octobre 1964; Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 5 novembre 1964; Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965.

et chargée de développer les projets de réacteurs de puissance, l'AECL Power Projects. HQ se trouve fortement intéressée par cette proposition et, suite à une rencontre à Toronto, entre les mêmes Lessard et Gray, à la fin du mois de mai, une lettre confidentielle est envoyée le 1^{er} juin par le président d'ÉACL à celui d'HQ⁹. Cette lettre trace trois lignes dans lesquelles la collaboration entre les deux compagnies pourrait s'inscrire. Elles constituent, en réalité, les trois paliers d'un programme par lequel HQ pourrait s'engager graduellement dans la construction d'un réacteur nucléaire.

La première est la formation ou l'apprentissage technique. ÉACL se trouve prête à assister HQ dans l'élaboration d'un programme de formation. Elle renouvelle son engagement à accueillir du personnel d'HQ dans n'importe lequel de ses sites, dépendamment de l'expertise demandée, précisant qu'un attachement au groupe AECL Power Projects nécessiterait un engagement minimal d'un an de formation. Dans la perspective où HQ voudrait s'engager dans un programme plus complet de conception de réacteur, Gray suggère qu'elle suive le même chemin emprunté par O-H qui, pour le projet du réacteur de Douglas-Point, mobilise quinze de ses ingénieurs dans les locaux d'ÉACL.

La deuxième ligne de collaboration consiste en la préparation, dans les plus brefs délais, par ÉACL d'une étude de conception préliminaire et d'estimé de coûts pour la construction d'un réacteur de 250 MWe et d'un autre de 500 MWe. Le directeur général du groupe AECL Power Projects, J.S. Foster, avait déjà reçu, de la part de Gray, une requête afin de rassembler les informations nécessaires à l'estimation des coûts reliés à la construction d'un réacteur de 250 MWe basé sur le design de Douglas Point. Tel que souligné par Bothwell, cette requête faisait suite à une demande d'HQ: «Les procès-verbaux du Conseil de l'EACL indiquent que les premières démarches vinrent du Québec, à l'été 1964, et que Gray commanda alors la préparation d'un 'rapport sur un réacteur de 250 MWe – une

⁸ Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 5 novembre 1964 et lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965.

⁹ Lettre de J.L. Gray à J.C. Lessard, 1er juin 1964.

version plus puissante de la centrale de Douglas Point' pour mai 1965»¹⁰. La réalisation de l'étude nécessiterait la participation d'HQ, comme Gray le mentionne à Lessard: «As you have already indicated, we will need to have some data from Hydro Quebec and I would recommend that you appoint one senior member of your staff as a direct contact with Mr. J.S. Foster for the transfer of the information»¹¹.

La dernière ligne de collaboration, la plus souhaitable pour ÉACL, consiste en la conception et la construction d'une centrale nucléaire. Cependant, ÉACL se montre plutôt vague quant aux termes d'une éventuelle entente, se contentant de préciser que pour une étude de conception, HQ devrait défrayer les coûts des services d'ingénierie. Mais il faudrait, de toute manière, attendre les résultats de l'étude préliminaire commandée à Foster ainsi que l'évaluation qu'en ferait HQ avant d'aller plus loin.

C'est finalement, la deuxième ligne que choisit HQ. Elle demande à ÉACL de faire une étude pour une «up-rated Douglas Point station (...) for installation and operation»¹² à son réseau. Tout comme CGE, ÉACL travaillerait à la portion nucléaire et laisserait la partie conventionnelle à SNC¹³. Cette deuxième proposition, qui s'ajoute à celle de CGE, devrait être soumise le 31 mars 1965. Parallèlement à cette demande faite à ÉACL, HQ sollicite les services de CGE pour monter un programme de formation et de cours sur l'énergie nucléaire qui devrait se donner à Montréal, dans les locaux d'HQ. CGE y répond favorablement, par une lettre, le 20 octobre 1964. Le cours proposé par CGE couvre les concepts fondamentaux des réacteurs nucléaires, tels la fission, le caloporteur, le modérateur, mais également la description des réacteurs à eau

¹⁰ Bothwell, *op. cit.*, p. 392.

¹¹ Lettre de J.L. Gray à J.C. Lessard, 1er juin 1964.

¹² Lettre de J.L. Gray à B. Baribeau, 29 octobre 1964.

¹³ Lettre de J.L. Gray à B. Baribeau, 29 octobre 1964; Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 5 novembre 1964; Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965.

lourde (HWR), les aspects économiques ainsi que les futurs développements des réacteurs canadiens (incluant le BLW et l'OCDR)¹⁴.

Rappelons que l'offre de service faite par CGE à HQ suggérait une participation financière d'ÉACL pour la réalisation de l'étude, comme mentionné dans la lettre de novembre 1963: «We are in the process of preparing a preliminary proposal to AECL asking for financial support of this program»¹⁵. Cependant, du côté d'ÉACL, on voit les choses différemment et on ne semble pas enclin à se conformer aux particularités de la conception du CANDU de CGE, en particulier l'immersion du réacteur dans une cuve d'eau légère faisant office d'écran biologique. En fait, selon Bothwell, «Si l'ÉACL devait offrir son expertise technique ou servir de maître d'œuvre – une exigence du Québec – il n'y aurait pas une telle cuve et, de préférence, on ne traiterai pas avec la CGE»¹⁶. Bothwell s'appuie ici sur un compte rendu de réunion du Comité Exécutif d'ÉACL, daté du 20 août 1964, où l'on conclut que la conception du réacteur de 250 MWe décrite dans l'étude destinée à HQ ne devrait contenir qu'un minimum d'innovations par rapport au NPD¹⁷. Quelques mois plus tard, en février 1965, Lee Haywood, membre du PRDPEC et partisan de l'implication du secteur privé dans l'industrie nucléaire canadienne, propose lors d'une réunion du C.A. d'ÉACL que l'on laisse le champ libre à CGE pour présenter seule une offre à HQ pour le BLW, mais sa proposition essuie un refus, en particulier de la part de Gray¹⁸.

3.3 La stratégie nucléaire d'HQ

Les deux études commandées à CGE et ÉACL doivent permettre à HQ de faire sa propre évaluation des possibilités qui s'offrent à elle, cela même si des «problèmes d'interprétation entre le procédé de CGE et celui d'ÉACL» sont

¹⁴ Lettre de A.L. Stevenson à B. Baribeau, 20 octobre 1964.

¹⁵ Lettre de J.L. Olsen à D.M. Farnham, 18 novembre 1963.

¹⁶ Bothwell, *op. cit.*, p. 392.

¹⁷ Voir la note 75 dans Bothwell, p. 408.

¹⁸ Bothwell, *op. cit.*, p. 453-454.

envisagées¹⁹. HQ entend être maître d'œuvre d'un programme nucléaire québécois en sachant qu'il ne serait peut-être pas possible d'opter pour un autre système que celui d'ÉACL, le PHW déjà choisi par l'Ontario. Il lui faut donc prendre tous les autres moyens possibles pour manifester sa velléité d'autonomie. Se donner le choix à l'intérieur des concepts d'ÉACL, comme nous le verrons plus loin avec le BLW, est un de ces moyens; chercher une entente avec CGE en est un autre. Mais cela ne s'arrête pas là.

Les premières démarches de CGE auprès d'HQ visent à mettre au point un nouveau design pour lequel Gaspé serait l'emplacement idéal. Le choix de Gaspé n'est pas sans importance. Étant géographiquement éloignée, elle correspond aux régions cibles identifiées par ÉACL pour son programme nucléaire²⁰. En acceptant au départ ce site, HQ se conformerait aux objectifs du maître d'œuvre; mais, selon CGE, le plus important pour la compagnie québécoise, c'est que ce site ferait que les ingénieurs de conception «would be faced with a new set of design parameters and would have to think out the new requirements rather than continuing to assume the older established criteria»²¹. Dans le cas où HQ s'engagerait dans un tel projet, elle se retrouverait avec un projet relativement distinct du reste du programme nucléaire canadien.

Les ingénieurs de la Planification des réseaux d'HQ rejettent toutefois Gaspé comme site potentiel, malgré le rappel de Farnham qu'une centrale nucléaire en Gaspésie constituerait une solution probablement plus avantageuse que la construction d'une deuxième ligne de transport de 230 kV à partir de Lévis²². L'augmentation des coûts du transport d'électricité, due notamment à l'éloignement des centrales hydroélectriques des grands centres de consommation (Montréal en tout premier chef), est sans doute une considération de première

¹⁹ Lettre de J.P. Gignac à B. Baribeau, 16 novembre 1964.

²⁰ Le sud de l'Ontario est la cible première d'ÉACL et ensuite les régions éloignées. Voir les rapports annuels d'ÉACL de 1956-57 à 1962-63.

²¹ Lettre d'Olsen à Farnham, 18 novembre 1963 et lettre de Farnham à Lessard, 6 décembre 1963.

importance dans ce rejet²³. En matière de coût, il y avait risque que l'hydroélectricité perde une partie importante de son avantage sur les autres sources énergétiques, principalement les sources d'énergie thermique (pétrole, gaz et charbon), ce qui aurait été une grande perte pour HQ et pour le Québec en général qui misait sur l'exploitation de ses cours d'eau pour produire de l'électricité. Le refus formulé par les ingénieurs s'inscrit donc dans la volonté d'HQ de gérer le développement de sa filière nucléaire selon ses priorités. Ce sont les régions avoisinantes de Bécancour, sur la rive sud du Saint-Laurent, et celles de Drummondville, sur la rivière Saint-François, qui sont alors envisagées comme sites potentiels de réacteurs nucléaires²⁴.

Mais ce n'est pas seulement le site qui fait l'objet d'une révision. Avant même que les deux rapports, celui de CGE-SNC et celui d'ÉACL-SNC, aient été portés à l'attention d'HQ, cette dernière est mise au courant qu'ÉACL est à la recherche d'un partenaire pour un projet qui s'écarte passablement du concept PHW. Ce projet sera le CANDU-BLW. Ainsi, alors qu'en novembre 1964, aucune décision n'est encore prise, Benoit Baribeau, directeur général de l'ingénierie, suggère l'idée de participer à un programme nucléaire mixte PHW/BLW. Ainsi, il conseille au président et aux commissaires d'aller «de l'avant le plus tôt possible avec la construction d'une centrale nucléaire de 250 MW qui servirait à nous familiariser avec ce type de centrales [PHW] et serait très utiles pour l'entraînement du personnel d'exploitation des centrales nucléaires futures»²⁵. Il ajoute qu'HQ devrait également «entreprendre des pourparlers sérieux avec ÉACL au sujet de la participation possible au développement du réacteur refroidi à l'eau légère»²⁶.

²² Lettre de Farnham à Lessard, 6 décembre 1963; Lettre de Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 5 novembre 1964.

²³ Lettre de Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965, p.5.

²⁴ Lettre de Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 5 novembre 1964, p.1.

²⁵ *Ibid.*, p.2. Il n'est pas expressément indiqué de quelle sorte de centrale il s'agit mais dans le paragraphe suivant, il est évident que Baribeau parle des PHW.

²⁶ *Ibid.*

Mais le 31 mars 1965, Baribeau, dans une lettre au président et aux commissaires, révisé sensiblement sa position antérieure. Dans la conclusion de cette longue lettre, il désire:

[...] recommander à la Commission que l'Hydro-Québec participe à la mise au point d'un réacteur de filière canadienne à l'uranium naturel, modéré à l'eau lourde et refroidi à l'eau bouillante légère [nous soulignons], et à la construction, pour raccordement à son réseau, d'un prototype de 250 MW de centrale nucléaire utilisant un tel réacteur.

Je recommanderais, aussi, qu'après réception des études de rentabilité de nos ingénieurs conseils, nous fassions une étude sérieuse et détaillée des avantages que l'Hydro-Québec pourrait retirer de la construction dès le début de 1966, d'une centrale de 250 MW ou plus du type Douglas Point²⁷.

Trois raisons sont évoquées pour faire passer la priorité du nouveau design de PHW vers la filière BLW. La première réside en la possibilité qu'aurait celle-ci de faire baisser les coûts de production. La deuxième consiste à assurer «une plus grande participation de l'industrie secondaire québécoise à la technologie nucléaire»²⁸. La troisième concerne le financement avantageux dont pourrait bénéficier HQ pour la construction d'un prototype (le même financement dont avait bénéficié O-H pour Douglas Point)²⁹.

Bien que, selon Baribeau, un engagement parallèle dans deux filières (BLW et PHW) comporte l'avantage de donner «à HQ tous les éléments de base pour le choix des programmes futurs»³⁰, un tel choix pourrait néanmoins poser des problèmes financiers, dus aux lourds investissements et mobilisations nécessaires, qui viendraient s'ajouter à ceux, déjà considérables, du programme hydroélectrique. Au final, l'option BLW donnerait à HQ des objectifs passablement semblables à ceux d'ÉACL, c'est-à-dire un programme différent des

²⁷ Lettre de B. Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965, p.6.

²⁸ *Ibid.*, p.4.

²⁹ *Ibid.*, p.4.

³⁰ *Ibid.*, p.5.

autres programmes dans le monde et l'établissement d'une industrie nucléaire autochtone.

La volonté d'HQ de se donner une filière propre ressort avec d'autant plus de clarté qu'en 1966, au moment où les ententes entre HQ et ÉACL sont définitivement conclues, il n'existe qu'un seul réacteur de type CANDU qui est réellement opérationnel, soit le NPD qui n'est qu'un réacteur d'essai et qui ne fera ses preuves qu'en 1967. S'engager avec un concept encore moins éprouvé que le PHW est très révélateur des intentions d'HQ de miser sur une filière différente de celle de l'Ontario, qu'elle pourrait s'approprier et développer ensuite avec son expertise propre.

La volonté de développer un programme nucléaire plus ou moins autonome se voit également à d'autres niveaux. Ainsi, il est important de remarquer que l'objectif de formation d'une équipe d'ingénieurs et de techniciens québécois spécialisés en nucléaire est omniprésent. Cela est d'ailleurs reconnu autant au sein d'HQ que chez ÉACL³¹. Mais pour HQ, cette équipe servirait non seulement à la construction et à l'opération de centrales nucléaires, mais également à «mettre sur pied un groupe d'étude et de projet dans le domaine nucléaire afin qu'HQ soit en mesure d'évaluer les nouvelles techniques dans le domaine»³². Elle pense aussi: «convaincre ÉACL d'établir un bureau dans la province de Québec afin de promouvoir l'étude et la recherche nucléaire avec des spécialistes de langue française»³³. Pour la constitution du noyau de cette équipe, J.P. Gignac, commissaire d'HQ, suggère à son président J.C. Lessard que:

l'Hydro-Québec délègue deux et même trois de ses ingénieurs à AECL, afin de se familiariser avec les nouvelles techniques de l'énergie thermo-nucléaire. Ce qui ne nous empêcherait pas par ailleurs de faire exactement le contraire, c'est-à-dire, importer de AECL certains ingénieurs canadiens-

³¹ Pour ÉACL, voir la lettre de Gray à Lessard, 1^{er} juin 1964.

³² Lettre de Baribeau au président et aux commissaires d'HQ, 31 mars 1965, p.4.

³³ *Ibid.*, p.4.

français qui font bonne figure et qui pourraient, eux aussi, venir se familiariser avec l'Hydro-Québec, et peut-être y demeurer³⁴.

Cette équipe devait permettre, en toute logique, à HQ de mettre en branle son propre programme nucléaire. En fait, selon les prévisions même d'HQ, la demande en électricité était à la hausse au Québec et le seul développement du potentiel hydro-électrique ne suffirait à combler ses besoins que jusqu'en 1975-76. Après cela le nucléaire deviendrait nécessaire. Dans cette optique, former une équipe de spécialistes voulait dire former les maîtres d'œuvre du développement socio-économique de la société d'électricité et du Québec de façon générale. Indissociable de la stratégie «autonomiste» d'HQ en matière d'énergie nucléaire, la formation de cette équipe de spécialistes devait s'enclencher par un projet original comme le BLW. Le CANDU-BLW était donc le moyen le plus efficace pour HQ de réaliser sa stratégie nucléaire³⁵. La volonté d'HQ de mettre sur pied une équipe de spécialistes québécois dans le domaine du nucléaire va d'ailleurs se concrétiser par la participation à la création et au financement de l'Institut de Génie Nucléaire (IGN) à l'École Polytechnique de Montréal en 1970³⁶.

Comme la position de mars 1965 de Baribeau sera retenue par HQ, il ressort de ce qui précède que pour HQ, comme pour ÉACL, le projet BLW, même s'il est prototypique ou expérimental, n'est pas uniquement un projet technologique: c'est aussi un projet éminemment politique. Il devient alors évident que la sanction d'«échec» technologique pose problème où à tout le moins voile une réalité plus complexe.

³⁴ Lettre de J.P. Gignac à J.C Lessard, 14 avril 1964.

³⁵ L'exemple de la France, qui en ayant adopté, au début des années soixante-dix, la filière américaine des réacteurs à eau légère, s'est empressée de la «franciser», fait écho à la stratégie d'HQ. Voir, à ce propos, Hecht, Gabrielle, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge: MIT Press, 1998.

³⁶ Gagnon, Robert, *Histoire de l'École Polytechnique de Montréal: la montée des ingénieurs francophones*, Montréal: Boréal, 1991, p. 398.

3.4 L'annonce de Gentilly-1

Le 2 avril 1965, J.C Lessard écrit au premier ministre du Québec Jean Lesage, afin que ce dernier transmette au premier ministre fédéral Lester B. Pearson l'intérêt d'HQ pour l'acquisition d'une centrale de type BLW. Lessard a espoir que Pearson fasse parvenir sa réponse avant le 11 mai, date à laquelle Lesage sera conférencier d'honneur à la convention annuelle de l'énergie nucléaire du Canada. La convention devrait se dérouler dans la ville de Québec et l'annonce d'une entente entre HQ et ÉACL donnerait un éclat certain au discours de Lesage. Un projet de lettre, destinée à Pearson, est même attaché à la communication de Lessard à Lesage:

La Commission hydroélectrique de Québec m'informe que Atomic Energy of Canada Limited se prépare à aménager un prototype d'un réacteur de type canadien à l'uranium naturel, modéré à l'eau lourde et refroidi à l'eau bouillante légère. C'est un projet qui intéresse fortement l'Hydro-Québec qui a décidé de se former une équipe d'ingénieurs spécialisés en énergie nucléaire.

Puis-je espérer que vous serez en mesure de m'annoncer très prochainement que ce projet de Atomic Energy of Canada Limited sera situé dans la province de Québec, et que l'Hydro-Québec pourra y participer selon la même formule tout au moins que celle utilisée pour l'aménagement de Douglas Point³⁷.

Lesage transmet effectivement cette manifestation d'intérêt de la part d'HQ à Pearson, dans une lettre datée du 6 avril. Il reçoit la réponse de Pearson le 3 mai. Ce dernier indique qu'ÉACL serait heureuse qu'un groupe d'ingénieurs d'HQ travaille avec elle sur la mise au point d'un réacteur à eau légère. Il précise qu'ÉACL est déjà activement engagée dans la conception d'un CANDU-BLW de 250 MWe et ajoute qu':

Une décision sera prise à la fin de 1966 sur la question de savoir s'il sera possible d'en entreprendre la construction [...] Lorsque les études sur le modèle en seront arrivées au point où l'A.E.C.L et le gouvernement du Canada pourront déclarer la construction du réacteur réalisable, et si le gouvernement du Québec et l'Hydro-Québec sont alors d'accord pour que

³⁷ Lettre de J.C. Lessard à J. Lesage, 2 avril 1965.

la construction en soit entreprise dans le Québec, le gouvernement fédéral sera disposé à entreprendre cette construction dans la province de Québec, en collaboration avec l'Hydro-Québec, selon la même formule générale que celle qui fut utilisée dans le cas de l'aménagement de Douglas Point en Ontario³⁸.

Lors de la conférence de l'Association Nucléaire Canadienne, organisée à Québec du 10 au 12 mai 1965, une entente de principe entre les autorités fédérales et provinciales sur la construction d'une centrale CANDU-BLW de 250 MWe est annoncée. L'accord qui intervient entre HQ et ÉACL pour la construction de Gentilly-1, est toutefois conditionné par le fait que des études ultérieures plus poussées ne viennent pas remettre en question la faisabilité du concept BLW. Lors de cette même conférence, G.A. Pon et G.L. Brooks présentent une communication décrivant les fondements d'un réacteur CANDU-BLW de 500 MWe³⁹. Ce réacteur pourrait être construit au milieu des années 1970 et son modèle théorique serait, en attendant, utilisé «as a basis for specification of a 250 MW(e) prototype which could be in operation by 1971»⁴⁰.

À l'échelon politique, le gouvernement Lesage est défait le 5 juin 1966, à peine un mois avant la transmission de l'avis de construction de Gentilly au Conseil des ministres fédéral, le 11 juillet, par le C.A d'ÉACL. Mais cela n'a pas d'influence sur la poursuite des procédures puisque, le 20 juillet, le gouvernement Pearson approuve la construction du réacteur sur une base similaire à l'entente entre ÉACL et O-H au sujet de la centrale de Douglas Point⁴¹. En mai et juillet 1966, deux rapports traitant des aspects sécuritaires de la centrale sont soumis par ÉACL au comité consultatif de la Commission de Contrôle de l'Énergie Atomique (CCEA) qui siège à Ottawa, dans le but d'obtenir un permis de construction. Celui-ci est accordé par la CCEA, le 26 septembre de la même

³⁸ Lettre de L.B Pearson à J. Lesage, 3 mai 1965.

³⁹ Brooks G.L. et G.A. Pon, «Conceptual Design of a Natural Uranium Boiling Light Water Reactor», AECL-2211, mars 1965 (Paper to be presented at the CNA Annual Conference, Quebec City, May 10-12, 1965).

⁴⁰ *Ibid.*, p. 2.

⁴¹ Bothwell, *op. cit.*, p. 397.

année, date qui marque le début du chantier de Gentilly-1⁴². Le 1^{er} septembre est signé un protocole d'accord (Mémorandum of Agreement) entre ÉACL et HQ. C'est donc en septembre 1966 que tout est prêt pour la mise en œuvre du projet CANDU-BLW.

3.5 La poursuite des recherches autour du concept BLW

L'accord de principe, conclu entre ÉACL et HQ et annoncé par Lesage à la conférence annuelle de l'Association Nucléaire du Canada, en mai 1965, ne fait qu'attiser l'urgence d'avancer les travaux de R&D sur le concept BLW. Cette préoccupation est exprimée par Lee Haywood, à l'automne 1965: «It is important that adequate data on the performance of BLW type fuel under BLW conditions become available at the earliest date practicable»⁴³. Cela pousse parfois les concepteurs à prendre des décisions techniques même en l'absence de toutes les données requises. On en retrouve un exemple dans un compte-rendu de réunion du PRDPEC: «Pon decided to go with design though information on power coefficient are lacking. A 3-D computer program design must be prepared in the next 2-year to study that»⁴⁴. Dans les discours officiels, la prudence est pourtant de mise. Chez ÉACL, comme chez HQ, on oscille entre déclarations optimistes quant à l'avenir commercial du concept et rappels prudents de l'aspect prototypique de Gentilly-1. Ceci est bien illustré dans cet extrait du rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1965-1966:

Bien que ces facteurs [avantages économiques du BLW] et quelques autres font apparaître le réacteur dont le caloporteur est de l'eau ordinaire comme un concept prometteur qui cadre bien avec les ressources techniques et économiques du Canada, il y a des aspects importants de ce concept qui nécessitent une démonstration impliquant la construction et l'exploitation d'une centrale prototype assez grande. C'est ainsi que la facilité de la commande du réacteur et le rendement du système de caloportage qui

⁴² Boucher, G.R., «Rapport sur l'état des travaux: la centrale nucléaire de Gentilly», EACL-3071F, novembre 1968, p. 4.

⁴³ Mémo de Haywood, L.R., CANDU Reactor concepts, vol.1, 24 septembre 1965.

⁴⁴ PRDPEC, Minutes of the 21th Meeting, 1615-P1, vol. 3, 22 septembre 1965.

n'ont été éprouvées que sur une échelle expérimentale doivent être vérifiées dans un cœur de réacteur assez grand⁴⁵.

Le BLW-250 de Gentilly-1 n'est pas seulement un prototype du seul point de vue scientifique et technologique; il l'est aussi d'un point de vue de la stratégie commerciale puisque ÉACL cherche dans les faits à établir les bases d'un réacteur de 500 MWe, qui serait plus près des besoins des acheteurs⁴⁶. Le 21 mars 1967, Pon annonce au Project Management Committee que «AECL is starting in a very modest way on the conceptual design of a BLW 500»⁴⁷. Le projet BLW n'est donc pas un projet isolé et indépendant, mais un outil dans une stratégie de développement. Lors de la même réunion, Lee Haywood annonce au comité que, suite à un voyage effectué à Washington, il a pu remarquer que le programme américain de réacteurs organiques avait été quasiment abandonné. Il a également noté que les griefs adressés à ce concept par les Américains étaient identiques à ceux soulevés initialement par le PRDPEC auprès du C.A. d'ÉACL, au moment du choix du BLW⁴⁸. Une semaine avant la réunion du Project Management Committee, Pon avait déjà fait état de l'avancement des travaux de conception sur Gentilly-1 au PRDPEC et affichait un certain optimisme. Selon le compte rendu de cette réunion: «Pon noted that design of Gentilly goes well and on schedule. Basic requirement and conceptual designs are done and contracted out for detailed design»⁴⁹. ÉACL prévoit, de plus, que dans l'optique où HQ n'obtiendrait pas d'électricité de Churchill Falls, celle-ci aurait besoin de puissance supplémentaire à son réseau autour des années 1976-1977. En conséquence, la date cible pour la mise en opération d'un BLW-500 serait l'année 1975⁵⁰.

En septembre 1967, une mauvaise nouvelle vient cependant remettre en cause le projet. En effet, ÉACL se rend compte que le coefficient de réactivité

⁴⁵ Rapport annuel ÉACL, 1965-66, p. 19.

⁴⁶ «The most probable early commercial applications for this new design of reactors will be in units of 500 MWe or above», lettre de W.B. Lewis à Lorne Gray, 5 février 1965, p. 2.

⁴⁷ Minutes of the Project Management Committee, 21 mars 1967.

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ PRDPEC, Minutes of the 28th Meeting, 1615-P1, vol. 3, 15 mars 1967.

positif du vide (CRV) est beaucoup plus élevé que prévu. Comme le mentionne alors Pon: «because of the positive void coefficient in this reactor, there is some concern that the reactivity feedback by void formation could reduce the stability margin»⁵¹. Une préoccupation qui contraste avec l'optimisme affiché par le même Pon dans le rapport d'avancement du BLW-250, un an plus tôt, en 1966, où il écrivait que: «the positive void and power coefficient of reactivity of this reactor is not expected to lead to any difficulty in the control and the regulation of the reactor»⁵². Ceci remet en cause la réussite du projet Gentilly-1 et surtout l'éventuel BLW-500 à l'étude. Un mois plus tard, HQ fait d'ailleurs part à ÉACL qu'elle n'est pas intéressée pour le moment à acquérir des unités dont la puissance serait supérieure à 500 MWe⁵³, alors que la même année à Douglas Point, le prototype PHW, commence à fonctionner selon les espérances des ingénieurs⁵⁴.

Malgré cela, le projet BLW continue à aller de l'avant, d'autant plus que le chantier de construction de Gentilly-1 est bien avancé (Figure 3.1). Étant donné son implication dans la conception du BLW depuis le début des années 1960, la responsabilité globale du projet Gentilly-1 est transférée de Lee Haywood à G.A. Pon en janvier 1969. À posteriori, ce dernier justifiera la décision de poursuivre le projet de la manière suivante: «At that time, we reviewed the whole situation at Gentilly-1, and in that review, the general policy feeling was that even though it may not demonstrate the CANDU BLW-500, that here we are training people at becoming more experienced. Just that business of bringing Hydro-Québec into nuclear power was important enough that you should continue»⁵⁵. Cette analyse de Pon représente une preuve supplémentaire de la dimension stratégique du projet BLW pour ÉACL, qui va bien au-delà de l'enjeu technologique, puisqu'il

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ Pon, G.A., «CANDU-BLW-250», AECL-2942, septembre 1967, p. 7.

⁵² Pon, G.A., «CANDU-BLW-250 Progress Report», *op. cit.*, p. 7. Voir aussi Pon, G.A. and G.R. Boucher, «Gentilly Nuclear Power Station», in *The Eleventh AECL Symposium on Atomic Power*, Toronto, 13-14 octobre 1966, Rapport ÉACL, AECL-2486, pp. 23-32.

⁵³ Power Reactor Development Program Evaluation Committee (PRDPEC), 1615-P1, Vol. 3, 10 octobre 1967.

⁵⁴ Bothwell, *op. cit.*, p.187.

⁵⁵ Entrevue de G.A. Pon par Yves Gingras, 26 avril 1989.

se trouve au cœur de la relation commerciale avec HQ. Le simple fait de maintenir les investissements d'HQ à court et moyen terme dans le nucléaire est une justification suffisante pour maintenir le projet à flot, malgré l'incertitude qui plane sur le concept. Cela, d'autant plus qu'HQ semble bien disposée à continuer à développer sa filière nucléaire dans les décennies à venir, puisqu'elle «prévoit qu'en l'an 2000, plus de 40 pour cent de son énergie proviendra de sources nucléaires»⁵⁶. C'est ainsi que dans le rapport d'avancement de l'année 1968, toujours rédigé par G.A. Pon, la position d'ÉACL est que l'opération d'un prototype est nécessaire avant de trancher sur l'éventuelle viabilité du concept: «the operation of the prototype station will be necessary before the merits of the concept can be fully established»⁵⁷.

Quelques mois seulement avant la mise en service de Gentilly-1, en novembre 1970, on retrouve des opinions divergentes au sein de l'équipe de recherche d'ÉACL concernant l'avenir, à long terme, du concept BLW, même si celles-ci ne remettent pas du tout en cause le projet de la centrale québécoise. A.J. Mooradian, responsable des services d'études techniques de Chalk River et membre du PRDPEC, est favorable à la poursuite des efforts de R&D à long terme sur le BLW car c'est, selon lui, le seul concept qui puisse constituer une alternative crédible au PHW et donner «something significantly better than the present generation of reactors for commissioning in the several years after Bruce»⁵⁸. W.B. Lewis, président du PRDPEC et chef de la division Recherche d'ÉACL aux laboratoires de Chalk River, est plutôt d'avis que l'on devrait continuer à travailler parallèlement sur le BLW et le concept organique⁵⁹, d'autant plus que, tel que rapporté par le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1966-1967, des expériences menées dans le réacteur organique expérimental WR-1 (construit par CGE au Manitoba, en 1965) «ont donnée des résultats qui peuvent faciliter le

⁵⁶ «Réal Boucher: l'ambition a trop longtemps manqué aux gens de ma province», *Entre-Nous*, mars 1969, p. 6.

⁵⁷ Pon, G.A., «CANDU-BLW-250 Progress Report», *op. cit.*, p. 7.

⁵⁸ PRDPEC, Minutes of the 42nd Meeting, 1615-P1, vol. 5, 3 juillet 1970.

développement des réacteurs refroidis par liquide organique ou par eau légère bouillante»⁶⁰. Lewis va même plus loin en remettant carrément en cause les mérites à long terme du concept BLW par rapport au réacteur organique: «Another important consideration is that the post-Bruce BLW reactors can only be an interim design that will not be desired for many reactors. This arises because of the inherent advantages of the organic-cooled system when it can be engineered»⁶¹.

T.G. Church, autre membre du PRDPEC, suggère, quant à lui, de reconstruire Gentilly, en 1974, en incorporant des modifications qui permettraient de concentrer les efforts de R&D à Chalk River sur des problématiques spécifiques au concept BLW, en particulier sur la minimisation des effets du CRV et sur la possibilité d'utiliser du plutonium recyclé comme combustible⁶². Cette dernière option serait, en effet, un moyen de contourner le problème d'instabilité et de contrôle du réacteur. D'autant plus que Pon rapporte, lors d'une réunion du PRDPEC, que la Suède, qui est engagée dans un programme nucléaire de production de plutonium utilisant un concept de réacteurs modérés à l'eau lourde, est également préoccupée par l'aspect sécuritaire des réacteurs à CRV positif. Pon s'inquiète en particulier du sort du réacteur Suédois P4 de Mavriken, dont l'abandon par les suédois pourrait avoir des répercussions néfastes sur les perspectives de ventes d'ÉACL à l'étranger: «if their reactor is shut down because of this, it could have adverse influence on AECL's export marketing»⁶³.

Finalement, le dernier rapport du PRDPEC émis avant la mise en service officielle de Gentilly-1, le 12 novembre 1970, indique que bien que le potentiel de développement économique et technique du BLW apparaisse supérieur à celui du PHW, il est à ce moment-là impossible de conclure lequel des deux concepts est le plus prometteur pour l'avenir. C'est l'opération de Gentilly-1 qui devrait

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ Rapport Annuel ÉACL, 1966-67, p. 35.

⁶¹ Lettre de W.B. Lewis à C.H. Millar, 20 octobre 1970.

⁶² 5001 CANDU Reactor Concepts, vol. 3, 30 octobre 1969.

⁶³ PRDPEC, Minutes of the 41th Meeting, 1615-P1, vol. 5, 8 avril 1970.

répondre à cette question: «Experience with Gentilly should supply this answer before the end of 1972»⁶⁴. Cependant, poursuit le rapport, il apparaît qu'une grande partie du travail requis pour développer un BLW «avancé» est également applicable au développement du PHW «avancé». Il est donc recommandé de diriger les efforts de R&D vers le BLW tout en s'assurant de la disponibilité de ressources suffisantes pour la résolution des problèmes découlant de l'opération des PHW. Ainsi, la transition de l'un vers l'autre se ferait sans grandes pertes: «should Gentilly experience prove that the BLW reactor has significantly more problems, both in number and magnitude, then it will be relatively easy to concentrate the water-cooled reactor development program in 1973 on the advanced PHW system»⁶⁵.

La centrale de Gentilly-1 entre officiellement en opération le 12 novembre 1970, ainsi que l'indique un communiqué de presse d'ÉACL diffusé le jour même: «The reactor at the 250,000-kilowatt Gentilly nuclear Power Station, on the St-Lawrence river, 10 miles east of Trois-Rivières, was brought into operation for the first time today [...] First electricity is expected from the station early in 1971»⁶⁶. Le lendemain de cette annonce, une déclaration du ministre fédéral des Mines et des Ressources Naturelles, Joe Green, montre bien que Gentilly-1 est considéré, même à l'échelon politique, comme un prototype avancé: «...it will take a year or two of actual operating experience to determine whether Gentilly is indeed the fore-runner of a new line of power reactors. That there will be problems and set-backs there is no doubt. They are inevitable in a pioneering project and especially one of this size and complexity»⁶⁷. L'expérience va, en effet, montrer que Gentilly-1, sur une période de dix ans, aura son lot de

⁶⁴ Perryman, E.C., «AECL Research and Development Program for Water-Cooled CANDU Reactors», Rapport ÉACL, CRNL-2254, novembre 1970, p. 10.

⁶⁵ *Ibid.*

⁶⁶ Communiqué de presse ÉACL, 12 novembre 1970.

⁶⁷ Déclaration du ministre de l'Énergie, des Mines et des ressources du Canada, Joe Greene, 13 novembre 1970.

problèmes et son fonctionnement connaîtra des obstacles de diverses natures. Cette période fera l'objet du chapitre suivant de ce mémoire.

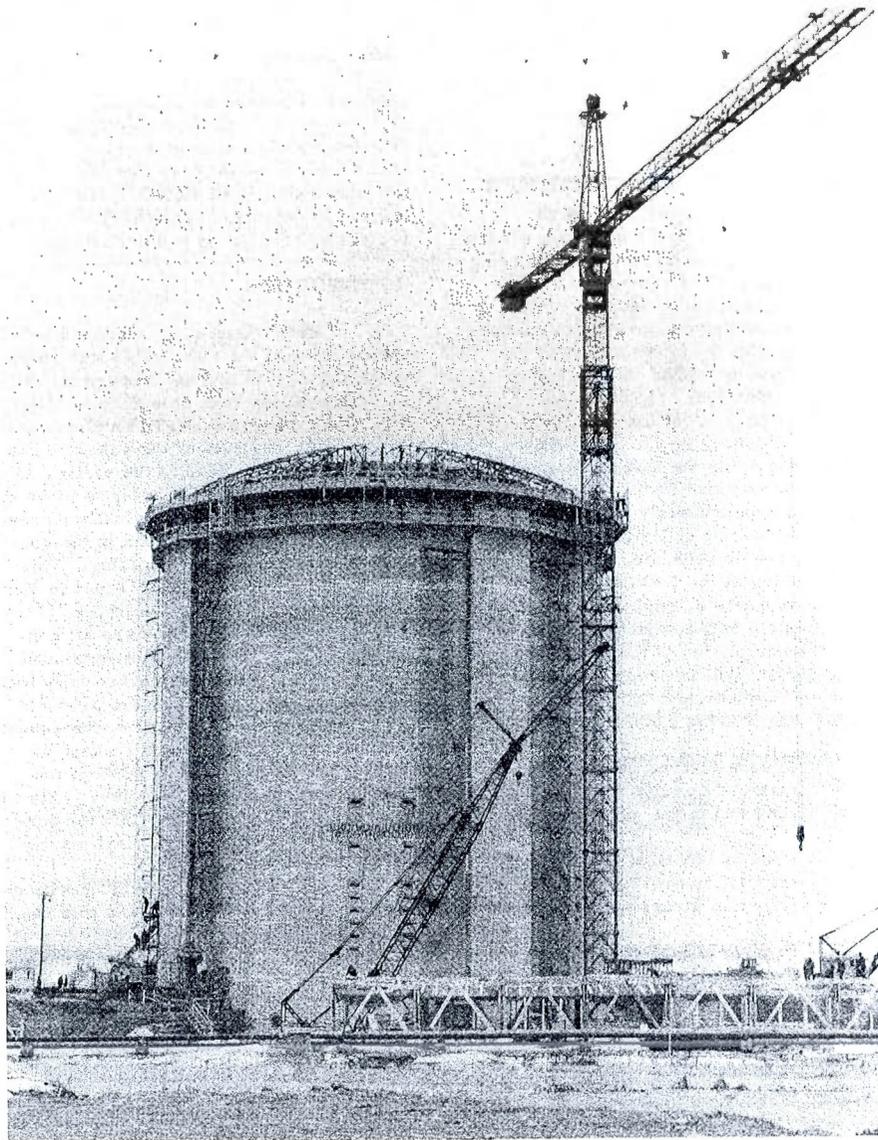


Figure 2 – Exterior View of Reactor Building

Figure 3.1 Vue extérieure du bâtiment réacteur de Gentilly-1 en construction⁶⁸

⁶⁸ Image tirée du rapport AECL-3067, 19 avril 1968, p. 56.

3.6 Conclusion

HQ a fait son entrée dans un secteur industriel structuré par le partenariat entre ÉACL et O-H, conclu au milieu des années cinquante pour la construction du réacteur prototypique NPD. Comme nous l'avons rappelé au premier chapitre de ce mémoire, et selon la thèse de Kevin Fitzgibbons, ce partenariat a déterminé le développement de l'industrie nucléaire canadienne sur deux plans: l'orientation de la filière canadienne vers les réacteurs PHW et l'établissement d'une structure organisationnelle qui a permis un transfert technologique d'ÉACL vers O-H en écartant le secteur industriel privé des choix techniques, le réduisant au rôle d'exécutant ou de fournisseur. Selon nous, les relations entre ÉACL et HQ s'insèrent dans un schéma similaire. Si, pour le premier point relevé par Fitzgibbons, HQ a opté pour un réacteur de type BLW plutôt que PHW⁶⁹, il est surtout important de relever la similarité dans l'aspect expérimental des deux projets NPD et BLW-250. HQ a d'ailleurs bénéficié du même financement qu'OH pour le réacteur de Douglas Point de la part du gouvernement fédéral parce qu'elle a justement choisi la voie d'un réacteur expérimental. Sur le deuxième point, à savoir la mise à l'écart du secteur privé des choix techniques, l'hypothèse se vérifie également dans notre étude, puisque bien qu'initialement en course pour vendre un réacteur à HQ, CGE s'est finalement vu, une nouvelle fois, relégué au rôle de fournisseur. Enfin, même s'il n'y a pas eu appropriation technologique à HQ au même degré qu'à O-H, nous avons montré que la volonté de former une main d'œuvre autochtone compétente à même de devenir le chef de file d'une filière nucléaire québécoise était bien présente chez la société d'État.

La deuxième partie du chapitre a montré que, même après l'annonce de la construction future de Gentilly-1, en 1965, l'objet technologique BLW demeurait largement expérimental et qu'ÉACL et HQ prêchaient la patience envers le projet. Cet état de fait est à prendre en considération, car on oublie souvent que la

⁶⁹ Bien qu'à plus long terme, avec la construction de la centrale nucléaire Gentilly-2, ce soit la filière du PHW qui se soit imposée.

dynamique de la recherche ne mène pas seulement à un objet technologique maîtrisé dans toutes ses dimensions, mais aussi à des connaissances plus étendues ou variées, y compris celles des savoirs qui ne peuvent trouver une traduction technologique à un moment donné. Le label d'«échec» apposé à Gentilly-1 est donc à relativiser parce qu'il ne s'agit précisément que d'un prototype visant à s'assurer de la faisabilité du projet. Dans un sens, le réacteur a rempli la fonction principale pour laquelle il avait été construit. Penser autrement reviendrait à considérer l'activité scientifique et technologique comme toute puissante, pouvant réaliser en tout temps ses désirs, et toujours en mesure d'entreprendre des projets dont la réussite est pratiquement inévitable. Et le cas de Gentilly est justement là pour nous rappeler que ce n'est pas toujours le cas. La volonté de construire un prototype relève d'ailleurs d'une conscience qu'ont eux-mêmes les scientifiques et ingénieurs des limites de leurs connaissances et qu'il leur faut des moyens pour les étendre.

L'autre élément qui permet de remettre en cause l'application de la notion d'« échec technologique » à la centrale de Gentilly-1 est la découverte, par ÉACL, en 1967, que le coefficient de réactivité positif du vide dans le BLW était beaucoup plus élevé que prévu. Dans ce contexte, le concept BLW aurait pu être abandonné. Mais il ne le fut pas. D'un point de vue scientifique et technologique, c'était pourtant un «échec» puisque, comme nous le verrons, jamais par la suite on ne parviendra à outrepasser les problèmes de réactivité du réacteur⁷⁰. Si le projet Gentilly-1 a continué, c'est que d'une part, ÉACL croyait qu'elle pouvait malgré tout faire fonctionner le BLW-250 de Gentilly-1, et que d'autre part (et c'est sans doute ce qui est le plus important), cela risquait de modifier l'attitude du nouveau partenaire, inattendu ou inespéré en 1965. Celui-ci risquait de ne pas accentuer

⁷⁰ Comme nous le soulignons plus en détail au chapitre suivant, la possibilité d'employer de l'uranium enrichi au lieu de l'uranium naturel aurait pu régler le problème. En Angleterre, on avait opté pour cette solution. Cependant, les technologies de l'enrichissement ne faisaient pas partie des expertises canadiennes. De plus, on souhaitait profiter de la grande disponibilité de l'uranium naturel au Canada en plus de limiter les investissements nécessaires aux clients potentiels de la technologie BLW canadienne. Il y a donc des choix politiques et économiques évidents dans l'orientation du projet G-1.

son nouvel engagement dans un programme d'équipement où l'énergie nucléaire tiendrait une place qui irait croissante. Tenir compte des intentions d'HQ était donc, à l'époque, un élément essentiel quant à la décision d'ÉACL de continuer ou non Gentilly-1.

CHAPITRE IV

VIES ET MORT DE GENTILLY-1

4.1 Introduction

Ce chapitre couvre la période de mise en service de la centrale nucléaire de Gentilly-1, en novembre 1970, jusqu'à l'annonce de son arrêt, en avril 1981, puis de son déclassement en avril 1986.

La première partie du chapitre traite des deux premières années d'exploitation de la centrale par ÉACL et HQ. Les étapes qui ont graduellement menées à l'atteinte du seuil de sa pleine puissance sont décrites ainsi que les problèmes d'instabilité et de contrôle du réacteur auxquels les opérateurs ont dû faire face, dès le début de l'exploitation. Cette période de test et de familiarisation avec les propriétés du réacteur sera interrompue par une pénurie d'eau lourde, évènement qui fait l'objet de la deuxième partie du chapitre. Cette pénurie à l'échelle canadienne va, en effet, forcer ÉACL à retirer l'eau lourde de certains de ses réacteurs expérimentaux pour alimenter la nouvelle chaîne de réacteurs commerciaux de type PHW en Ontario. Gentilly-1 fera partie des réacteurs qui seront mis à l'arrêt, pour une période de deux ans.

Les bonnes performances du concept PHW à Pickering vont réduire l'intérêt d'ÉACL pour le concept BLW, sans toutefois que cela signifie la fin de la centrale de Gentilly-1. Au contraire, après la période d'arrêt de deux ans, en décembre 1974, ÉACL tentera de relancer son réacteur par l'intermédiaire de deux projets: le BLW(PB) et le projet d'usine d'eau lourde de La Prade. La description de ces deux projets fait l'objet de la troisième partie du chapitre.

Enfin, face à l'échec des deux projets mentionné ci-haut, nous relaterons les événements qui ont mené à la fin de l'opération de la centrale et à son déclassement. Cette section sera précédée d'une description de la politique nucléaire québécoise depuis le début des années soixante-dix jusqu'au début des années quatre-vingt. Ce rappel historique permettra de mieux comprendre la décision de mise à l'arrêt de la centrale en la replaçant dans le contexte politique et économique québécois de l'époque.

4.2 Gentilly-1 en période de «rodage»

La centrale de Gentilly-1 entre officiellement en opération le 12 novembre 1970. Le lendemain, lors d'un premier essai rapporté par le journal bimensuel d'HQ *Entre Nous*, un début de fission nucléaire est réalisé: «Au moment de cette divergence, une première réaction en chaîne de la fission des atomes a entraîné la production de chaleur d'une très faible intensité»¹. Six mois plus tard, le 5 avril 1971, la centrale produit de l'électricité pour la première fois². ÉACL en fait l'annonce deux jours plus tard, dans un communiqué de presse: «the Gentilly nuclear power station yesterday began producing electricity for the first time. Starting with 10,000 kilowatts, the plant later this year will reach its maximum output of 250,000 kilowatts»³.

Les mois qui suivent constituent une période de rodage dans laquelle plusieurs tests doivent être effectués et de nombreuses difficultés techniques surmontées. En octobre 1971, sept mois après la date de production de la première électricité, Claude Boulay, chef de la division Exploitation de Gentilly, rapporte à Hydro-Pressé que «des données imprévues sont enregistrées, que le comportement

¹ «Une première fission nucléaire à Gentilly», *Entre Nous*, 50^e année, no. 21, fin novembre 1970, p. 14. Pour une courte description de l'atteinte de la criticité du réacteur et des premiers mois d'opérations, voir: Léger, P.A. et L.F. Monier, «État de la centrale nucléaire de Gentilly», 72-CNA-304, *Canadian Nuclear Association: Proceedings of the 1972 Annual Conference*, Ottawa, 11-14 juin 1972, pp. 1-8; Woodhead, L.W. and al., «Commissioning and Operating Experience with Canadian Nuclear-Electric Stations», AECL-3972, septembre 1971, pp. 14-15.

² «Gentilly entre en service», *Hydro-Pressé*, 51^e année, no. 19, octobre 1971, p. 3.

³ AECL News Release, 7 avril 1971.

du réacteur à lui seul a soulevé des tas de problèmes, prévus ou non, à résoudre et qu'il a fallu arrêter la production tout l'été pour effectuer des travaux sur les pompes de caloportage, changer des pièces, faire une recuite de certains tuyaux pour les renforcer ou leur donner plus d'élasticité»⁴. Hydro-Pressé rapporte plus loin que, «selon les spécialistes de Gentilly», le réacteur est très sensible aux changements de demande d'énergie de la turbine et que les différents essais de déclenchements de la turbine produisent parfois des déclenchements dans le réacteur, qui sont autant de «surprises» à maîtriser. Cependant, le réacteur n'ayant pas connu de tel déclenchement entre le 30 septembre et le 14 octobre, Claude Boulay et Paul-André Léger, surintendant de la centrale, affichent une certaine confiance et prévoient qu'«en 1972 la centrale aura été suffisamment éprouvée et rodée pour qu'il ne s'agisse alors que d'essayer de maintenir la production»⁵. Déjà, même en période d'essai, la centrale de Gentilly se rend utile au réseau d'HQ, puisque le 18 octobre, elle lui fournit 75 MW en relève, après qu'une panne soit survenue sur des groupes de Manic 5⁶. Le premier rechargement de combustible, alors que le réacteur est en marche, avait été effectué, avec succès, un mois plus tôt: «On september 1971, the first on-power fuel exchange was successfully completed at reactor position M1 while the reactor was operating at normal pressure and temperature and at 40% power»⁷.

Les travaux pour amener le réacteur à sa pleine capacité de fonctionnement se poursuivent dans les mois suivants (Tableau 4.1). On atteint 50% de la pleine puissance en novembre 1971, puis 75% en avril 1972. Avec l'aval de la Commission de Contrôle de l'Énergie Atomique (CCEA), obtenu en

⁴ «Toujours en période d'essai, Gentilly est utile au réseau», *Hydro-Pressé*, 51^e année, no. 19, octobre 1971, p. 3. Le rapport annuel d'ÉACL, pour l'année 1971-72, rapporte les mêmes incidents et leur incombe le retard rencontré dans la mise en service du réacteur: «Des retards se sont produits par suite de la nécessité de traiter à chaud toutes les canalisations de sortie et de remplacer les arbres des six pompes du système primaire de caloportage.», Rapport annuel ÉACL 1971-72, p.7.

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ Gentilly-overall (/6000), Rapport Annuel, 2 novembre 1971.

janvier 1972, la puissance est établie à 100% le 18 mai de la même année⁸. L'accord de la CCEA avait été obtenu après que certaines modifications aient été apportées au système de protection du réacteur, spécifiquement, des corrections à l'asymétrie du flux de neutrons dans le cœur du réacteur. Ainsi, tel que rapporté dans le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1971-72: «le système de basculement du flux a été perfectionné pour que l'on puisse avoir une protection automatique contre les basculements excessifs. Le nouveau système répond aux exigences de la Commission de contrôle»⁹. L'apport de ces modifications doit être mis en parallèle avec un rapport d'E.C. Perryman, datant de juin 1972 et indiquant que des perturbations dans le flux neutronique peuvent être à l'origine de difficultés dans le contrôle de la puissance d'un réacteur au coefficient de réactivité du vide (CRV) positif, particulièrement dans le cas d'un BLW tel que Gentilly:

«At the outset, it was recognized that the reactor would have a positive void coefficient of reactivity [nous soulignons], i.e as the density of the coolant increased more reactivity would be produced and hence more power. Such changes can be produced by perturbations in pressure, temperature, flow rate and neutron flux. Thus, from the outset we recognized that the control of reactor power might be more difficult and that is why a prototype reactor was necessary [nous soulignons].»¹⁰.

Ceci est confirmé dans un rapport présenté à la Canadian Electric Association, le 20 septembre 1972, où l'on relate, par ailleurs, que les instabilités observées l'ont été à des puissances plus basses que prévu¹¹. C'est donc à cette période que le problème du CRV trop élevé surgit pour la première fois, pendant l'opération de la centrale. Globalement, malgré les délais et retards encourus, les ingénieurs sont satisfaits de la performance du réacteur: «In general, the operating

⁸ «Gentilly fonctionne à pleine puissance», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 12, fin juin 1972, p. 3.

⁹ Rapport annuel ÉACL, 1971-72, p.7.

¹⁰ Perryman, E.C., «Canadian Power Reactor Program – Present and Future», AECL-4265, septembre 1972, p. 4 (nous soulignons), présenté préalablement au 27^{ème} Congrès Annuel de l'Association Générale des Physiciens, le 27 juin 1972. Nous soulignons.

¹¹ Smith, K. L., «Recent Progress With Canada's Nuclear Generating Stations», AECL-4357, janvier 1973, pp. 22-23.

performance of Gentilly has met our expectations. We were disappointed by the number of delays incurred during the run-up to full power, but consider that such delays must be expected with a prototype station»¹².

Tableau 4.1 Total des journées d'opération de la centrale de Gentilly-1 entre octobre 1971 et mai 1972¹³

Date	Opération continue de la centrale
Octobre 1971	14 jours continus à 110 MWe
Décembre 1971	18 jours continus à 110 MWe
Janvier 1972	12 jours continus à 110 MWe
Mai 1972	12 jours continus à pleine puissance

À l'occasion de l'atteinte de la pleine puissance, HQ et ÉACL émettent un communiqué de presse conjoint indiquant que: «[the] performance of the station at high power levels has been very satisfactory. Gentilly will continue in operation throughout the summer while various tests are performed to accumulate experience with this system»¹⁴. À ce moment, Hydro-Presse rapporte qu'environ 250 personnes travaillent sur le site de Gentilly, employés d'ÉACL et d'HQ confondus¹⁵. Le réacteur continue de fonctionner à pleine puissance lors d'une période de trois semaines. Puis, il est arrêté pour fin d'essais jusqu'à la fin du mois de juillet. Il est à nouveau redémarré, à pleine puissance, le 28 juillet, et fonctionne jusqu'au 28 août¹⁶. Les arrêts et la relative lenteur avec laquelle s'effectue la mise en service de Gentilly est justifiée, au sein d'ÉACL, par le

¹² *Ibid.*, p. 23.

¹³ Léger, P.A et L.F. Monier, *op. cit.*, p. 2.

¹⁴ Gentilly-overall (/6000), vol. 9, 18 mai 1972.

¹⁵ «Gentilly fonctionne à pleine puissance», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 12, fin juin 1972, p. 3.

¹⁶ «Projet d'une deuxième centrale nucléaire au Québec», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 16, mi-septembre 1972, p. 7.

grand nombre de mesures qui doivent être prises pour bien comprendre les caractéristiques qui affectent le fonctionnement du réacteur¹⁷.

Cependant, le 8 novembre, la centrale va être arrêtée pour une période qui durera plus de deux ans; une interruption, inopinée pour HQ, dont les raisons sont exposées à la section suivante.

4.3 Pénurie d'eau lourde et annonce de Gentilly-2

Au moment où ÉACL s'était engagé fermement dans le projet BLW, elle s'était également lancée dans un programme de construction de centrales nucléaires en Ontario avec O-H. Les deux sociétés ont paraphé une entente, en août 1964, pour la construction de Pickering, un réacteur d'une puissance de 500 MWe, qui devait être le premier d'une série de réacteurs commerciaux modérés et refroidis à l'eau lourde. Le prototype de 200 MWe de Douglas Point ayant démontré la faisabilité du concept PHW vers 1968, même si des problèmes persistaient, O-H décidait de s'engager dans un ambitieux programme nucléaire exclusivement axé sur ce concept¹⁸.

La centrale de Pickering est prête à être mise en service commercial en juillet 1971 alors qu'à Gentilly, on effectue déjà des tests et des mesures sur le comportement du BLW. Il faut rappeler qu'aux dates, finalement assez proches, des mises en service des centrales de Gentilly-1 et de Pickering, la maturité du concept BLW est bien moindre que celle du PHW, puisque Gentilly-1 assume simultanément les rôles de prototype et de centrale de production. Mais comme il manque d'eau lourde au Canada et dans le monde, certaines installations canadiennes devront en fournir à Pickering. L'une d'elle est le BLW de Gentilly. En effet, lorsque le contrat a été signé entre ÉACL et HQ en septembre 1966, il était spécifié à l'article 11(2)(f) qu'ÉACL pouvait «en tout temps exiger, pour raison valable, l'arrêt de la centrale sur préavis de 24 heures, en quel cas, l'Hydro

¹⁷ Perryman, E.C., *op. cit.*, p. 5.

[HQ] ne pourra remettre la centrale en marche sans l'autorisation de l'ÉACL»¹⁹. Le manque d'eau lourde pour le démarrage de l'unité 3 de Pickering est jugé une raison valable, par ÉACL, et confirme la décision, prise par son C.A en 1969, de «donner priorité à Pickering advenant une pénurie d'eau lourde et de prendre, le cas échéant, l'eau lourde des réacteurs de recherche et des centrales nucléaires prototypes de l'AECL pour répondre aux besoins de Pickering»²⁰. À posteriori, l'eau lourde de Gentilly aura bien servi à la centrale de Pickering, mais de manière indirecte. Elle est, en fait, envoyée à la centrale de Douglas Point qui sert, à ce moment-là, à produire de la vapeur pour l'usine d'eau lourde de Bruce, et c'est l'eau lourde de Bruce qui est utilisée à Pickering²¹.

Le 3 mars 1972, le président d'ÉACL, J.L. Gray, écrit à son homologue d'HQ, Roland Giroux, pour l'informer de la date de mise à l'arrêt de la centrale: «I would appreciate your concurrence with the proposed shut-down of Gentilly some time this fall - certainly not before September but probably not later than some time in October»²². Plus précisément, Gentilly devrait cesser d'opérer «à compter d'une date qui serait déterminée sur un avis d'une semaine après le 8 septembre 1972»²³, pour une période d'environ huit mois²⁴. La date du retrait de l'eau lourde ayant été initialement fixée au 8 juin, Gray considère que l'étape à laquelle est rendu le réacteur (la montée graduelle en puissance décrite dans les paragraphes précédents) est cruciale pour son développement futur. Au lieu de Gentilly, c'est le NPD et le NRU qui seront d'abord arrêtés, ce qui permettra au BLW de continuer à opérer encore quelques mois à haute puissance²⁵. Ce report dans le retrait de l'eau lourde, malgré l'urgence de la situation en Ontario, montre toute l'importance de Gentilly-1 dans les relations HQ-ÉACL. Gray tient à assurer

¹⁸ Bothwell, *op. cit.*, pp. 355-411.

¹⁹ Memorandum of Agreement, septembre 1966 ; lettre d'A.E. Gadbois à R. Giroux, 17 mars 1972.

²⁰ Rapport annuel ÉACL, 1971-72, p.7.

²¹ Rapport annuel HQ 1972, avril 1973, p. 18.

²² Lettre de L. Gray à R. Giroux, 3 mars 1972.

²³ Lettre d'A.E. Gadbois à R. Giroux, 17 mars 1972.

²⁴ «Le réacteur nucléaire est arrêté pour huit mois», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 7, mi-avril 1972, p. 3

²⁵ Lettre de L. Gray à R. Giroux, 3 mars 1972.

Giroux que, durant la période d'arrêt, ÉACL «will undertake to employ the personnel on useful work» et qu'elle a déjà identifié «31 jobs to be done with an estimated cost of \$750,000 for material and equipment»²⁶. De son côté, HQ a mis sur pied un programme de maintenance de l'équipement de la centrale pour garder occupés, à temps plein, tous ses employés.

Il semble que la demande d'ÉACL ait rapidement reçu l'accord d'HQ, sans engendrer un grand mécontentement. Deux semaines après avoir reçu la lettre de Gray, Roland Giroux reçoit avis du bureau d'avocats d'HQ que la demande d'ÉACL «constitue un cas fortuit ou force majeure» et «qu'elle est suffisante pour justifier sa proposition»²⁷. Il n'est pas question non plus de réclamer une compensation pour les trois millions de dollars perdus par HQ, somme estimée des coûts additionnels résultant de l'arrêt de la centrale pour un période de deux ans²⁸. J.J. Villeneuve, directeur général à la production et au transport d'HQ, suggère plutôt à Giroux qu'il serait préférable «d'utiliser cet élément lors de négociations éventuelles avec eux [ÉACL] relativement à un projet de nouvelle centrale»²⁹. Giroux annonce la nouvelle au personnel de Gentilly, le 28 mars, tout en assurant que cette décision ne signifie nullement la fermeture de la centrale. Lors de cette rencontre, il justifie l'accord d'HQ à la demande d'ÉACL par le fait que Gentilly-1 est toujours la propriété d'ÉACL, ce qui, d'une certaine manière, force HQ à obtempérer: «Ce n'est pas de gaieté de cœur que nous nous sommes pliés aux exigences de l'ÉACL mais il ne faut pas oublier que légalement Gentilly ne nous appartient pas»³⁰. Il présente le même argument à l'assemblée nationale, à la Commission permanente des Richesses naturelles et des Terres et Forêts: «Il n'y a pas d'erreur, il faut rendre l'eau lourde à l'Énergie Atomique du Canada. Si vous consultez le rapport, l'usine de Gentilly

²⁶ *Ibid.*

²⁷ Lettre d'A.E. Gadbois à R. Giroux, 17 mars 1972.

²⁸ Lettre de R. Paquin (Service d'équipement thermique et nucléaire) à P.B. Spicer (Directeur, Centrales Thermique et Nucléaire HQ), 16 mars 1972.

²⁹ Lettre de J.J. Villeneuve à R. Giroux, 30 mars 1972.

appartient encore et va appartenir jusqu'à ce qu'on se décide de s'en porter acquéreur après cinq ans d'expérience, à l'Énergie Atomique du Canada»³¹.

Lorsque l'eau lourde est retirée du cœur du réacteur, le 8 novembre 1972, HQ n'est finalement pas trop fâchée : les tests ont montré certaines failles dans la centrale et les mois d'arrêt permettront de les réparer. Selon *Hydro-Press*: «Les dirigeants de la centrale prévoient consacrer ces quelques mois de 'répit' au perfectionnement de la formation du personnel et à la mise en chantier de certains travaux de modifications et de réparations de l'équipement de la centrale»³². Parmi bien d'autres travaux de réparation, les ingénieurs devront apporter des correctifs aux conduits des barres de surréactivité permettant les mises en route du réacteur, devront colmater des fuites détectées dans les refroidisseurs d'eau lourde, régler des problèmes de fonctionnement des condenseurs auxiliaires de la centrale ou resserrer les barres supportant le combustible. Également, dans les tâches d'entretien, la nouvelle machine de chargement et déchargement du combustible dans le réacteur devra être rodée. C'est tout cela qui fait dire à Claude Boulay que l'arrêt du réacteur tombe finalement assez bien³³. Ce «travail de mise au point» devient même, selon lui, un élément essentiel pour arriver «à une réalisation fiable et parfaite» de la centrale. Malgré l'ampleur du travail à exécuter, il apparaît clairement de ce qui a précédé qu'aucun des deux protagonistes ne tient, pour le moment, à mettre un terme au projet.

La situation à Gentilly-1 change lorsqu'HQ s'engage pour un deuxième réacteur nucléaire, de type PHW, cette fois. Quelques semaines avant la demande de retrait de l'eau lourde faite à HQ, le PRDPEC suggérait que le Québec désirerait de plus grandes quantités d'énergie d'origine nucléaire, dans un horizon

³⁰ «Le réacteur nucléaire est arrêté pour huit mois», *Hydro-Press*, 52^e année, no. 7, mi-avril 1972, p.3.

³¹ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Troisième session, 29^e législature, no 25, le 11 mai 1972, p. B-1460.

³² *Ibid.*

³³ «Gentilly 1: Malgré l'arrêt de production les activités se poursuivent», *Hydro-Press*, 53^e année, no. 12, fin juin 1973, pp. 7-8.

à court terme, ce qui signifiait des réacteurs similaires à Pickering³⁴. La lettre de Gray à Giroux indiquait également que la possibilité d'une participation du gouvernement fédéral au financement d'une telle centrale était à l'étude et qu'une première réponse devait être attendue d'ici à la fin mars 1972³⁵. Ce financement, à hauteur de 151 millions de dollars sur un coût préliminaire estimé de 300 millions³⁶, sera confirmé dans une seconde lettre de Gray à Giroux, en juin 1973: «Since the federal government will be financing to \$151 million of the cost of Gentilly-2, I would expect there may be some requirement to ensure at least that amount is spent in Canada»³⁷. Le 31 août 1972, Giroux accompagné du commissaire responsable du nucléaire à HQ, Yvon Deguise, annonce, devant une soixantaine de cadres de la centrale de Gentilly, qu'une entente de principe est en train d'être négociée avec ÉACL. Le contrat pour la construction de Gentilly-2 est signé en janvier 1973. Pour ce projet, c'est HQ qui agira en tant que maître d'œuvre, c'est-à-dire qu'elle devra en assumer la direction depuis la conception jusqu'à l'intégration au réseau, alors qu'ÉACL assumera le rôle d'ingénieur-conseil. La mise en service de ce réacteur de 600 MWe est alors prévue pour janvier 1979³⁸.

La très bonne performance des centrales de Pickering, la vente d'une centrale de type PHW de 600 MWe, le CANDU-600, à l'Argentine et l'engagement d'HQ dans le projet de Gentilly-2 qui est également un CANDU-600, diminue quelque peu l'intérêt d'ÉACL pour les concepts alternatifs au PHW. Comme le souligne le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1972-1973: «les

³⁴ PRDPEC, Minutes of the 47th Meeting, 1615-P1, vol. 6, 4 février 1972.

³⁵ Lettre de L. Gray à R. Giroux, 3 mars 1972.

³⁶ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Deuxième session, 30e législature, no 127, le 5 juillet 1974, p. B-4981. Le coût passera rapidement à 385 millions de dollars en mai 1974, en raison de l'inflation qui suit le choc pétrolier d'octobre 1973. Voir: «Gentilly 2: 72 mois de construction», *Hydro-Press*, 54^e année, no. 10, fin mai 1974, p. 3.

³⁷ Lettre de L. Gray à R. Giroux, 6 juin 1973.

³⁸ «Projet d'une deuxième centrale nucléaire au Québec», *Hydro-Press*, 52^e année, no. 16, mi-septembre 1972, p. 1; «Gentilly 2 : le départ est donné», *Hydro-Press*, 53^e année, no. 12, fin juin 1973, p. 5.

grandes entreprises électriques canadiennes ont choisi le type de réacteur CANDU-PHW (dont le caloporteur est de l'eau lourde pressurisée) afin d'avoir une source énergétique fiable pour leurs centrales, ce qui réduit l'intérêt que l'on portait au développement des réacteurs CANDU-BLW (dont le caloporteur est de l'eau légère bouillante) [nous soulignons]»³⁹. On annonce même l'arrêt définitif des investissements dans le concept de réacteurs organiques:

On a décidé, avec regret, de mettre fin aux travaux de mise au point de la filière CANDU-OCR. Une des raisons cruciales de cette décision était de nature financière: on a estimé qu'il faudrait dépenser plusieurs centaines de millions de dollars pour amener le concept organique au stade de prototype puis à la version commerciale. Une autre raison cruciale était le manque d'intérêt des commissions électriques pour cette filière⁴⁰.

Le succès du PHW et la signature d'un accord entre HQ et ÉACL pour Gentilly-2 ne signifie pourtant ni la mort de Gentilly-1 ni l'abandon de la filière BLW. ÉACL tentera, en effet, de donner un second souffle à la centrale de Gentilly-1 par l'intermédiaire de deux projets: le CANDU-BLW(PB)⁴¹, puis l'usine d'eau lourde de Laprade.

³⁹ Rapport annuel ÉACL, 1972-73, p.2. Nous soulignons.

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ PB pour Plutonium Burning.

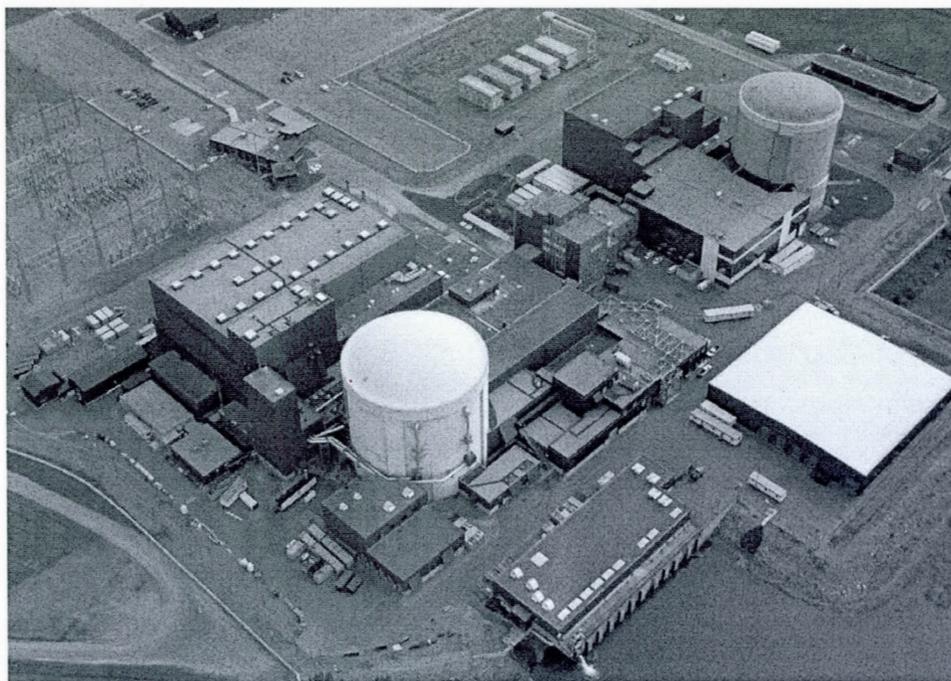


Figure 4.1 Vue aérienne des centrales nucléaires de Gentilly-1 et Gentilly-2⁴²

4.4 Le projet BLW(PB)

Nous avons vu au chapitre précédent, dans la partie consacrée à la poursuite des recherches autour du concept BLW, à la fin des années soixante, que la possibilité d'utiliser du plutonium recyclé comme combustible afin de contourner les problèmes d'instabilité et de contrôle du réacteur de Gentilly avait été évoquée dès 1969⁴³.

À partir de 1971-72, des recherches à ÉACL vont s'engager dans un concept modifié du BLW, le BLW(PB). Or il est clair que Gentilly-1 peut servir de laboratoire pour les études conceptuelles de ce nouveau projet. S'il venait à être opérationnel, un réacteur BLW(PB) réduirait considérablement les problèmes

⁴² La centrale de Gentilly-1 est située à droite de l'image. «Il faut fermer Gentilly, affirme une vaste coalition», *La Presse*, le 21 mars 2011, <http://www.lapresse.ca/actualites/quebec-canada/national/201103/21/01-4381580--il-faut-fermer-gentilly-affirme-une-vaste-coalition.php>, consulté le 1^{er} septembre 2012.

⁴³ Note de T.G. Church, 5001 CANDU Reactor Concepts, vol. 3, 30 octobre 1969.

de contrôle induits par le CRV positif du BLW, ainsi que le note J.L. Gray: «The operation of a CANDU/BLW with natural uranium fuel introduces control stability problems [...] The use of enriched fuel with a reduced lattice pitch reduces these problems at some cost in neutron economy and reduces the capital cost of the plant [...] this type of reactor may turn out to be particularly well adapted for recycling plutonium»⁴⁴. Comme souligné à la fin de la citation de Gray, le BLW(PB) aurait également l'immense avantage pour ÉACL de réaliser un programme nucléaire «intégré». En effet, le combustible usagé des réacteurs PHW, en particulier sous forme de plutonium, pourrait servir à l'alimentation du BLW(PB). Ainsi, un programme nucléaire «intégré» permettrait l'utilisation maximisée de l'uranium naturel canadien. Ceci serait d'autant plus profitable que, selon les prévisions d'ÉACL, le plutonium accumulé dans le combustible irradié des réacteurs canadiens devrait atteindre une valeur de 100 millions de dollars, en 1980. L'avantage du recyclage du plutonium serait d'économiser sur les réserves d'uranium naturel et de réaliser des économies de la construction des centrales canadiennes⁴⁵.

C'est en juin et en octobre 1971 qu'ont lieu les deux premières réunions du PRDPEC autour d'un concept «avancé» (advanced) ou «amélioré» (enhanced) du BLW. Ce réacteur serait alimenté «with U²³⁵ enriched, looking like Gentilly design and equipment, same building, fuel channels and fuelling machine»⁴⁶. Le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1972-73 annonce la naissance de ce nouveau programme de recherche avec, cette fois, du plutonium comme combustible envisagé:

Dans les domaines des systèmes électronucléaires avancés, nous concentrons actuellement nos efforts sur un réacteur CANDU-BLW dérivant du prototype de Gentilly [...] Le nouveau réacteur aura pour sigle CANDU-BLW(PB) où PB signifie "plutonium burning". Ce

⁴⁴ Gray, J.L. «Why Candu ? Its achievements and prospects», AECL-4709, janvier 1974, p. 14.

⁴⁵ Rapport annuel ÉACL, 1972-73, pp. 11-12. Voir également Gray, J.L., «Le Canada: Le réacteur CANDU et son avenir», *Bulletin de l'AIEA*, Volume 14, numéro 6, 1972, p. 13.

⁴⁶ PRDPEC, Minutes of the 46th Meeting, 1615-P1, vol. 6, 8 octobre 1971. Voir également: PRDPEC, Minutes of the 45th Meeting, 1615-P1, vol. 5, 4 juin 1971.

réacteur sera donc conçu pour "brûler" le plutonium extrait de son propre combustible et du combustible irradié des autres centrales CANDU. Cette méthode nous permettrait de tirer un meilleur parti de nos ressources énergétiques. En plus de l'étude conceptuelle, nous effectuons des recherches et des expériences en ce qui concerne la fabrication de grappes à base de plutonium et le retraitement du combustible⁴⁷.

L'étude conceptuelle concerne un réacteur de 1200 MWe, mais également un de 600 MWe, qu'on estime plus proche des besoins de la clientèle d'ÉACL. Elle est préparée conjointement par le Groupe Électronucléaire à Toronto et la division Recherche de Chalk River, comme le souligne Gray: «We have under way in our Power Projects group a design study of CANDU/BLW reactor system in the sizes of 600 MWe and 1200 MWe with slightly enriched fuel, utilizing recycled plutonium or possibly U-235»⁴⁸. En mai 1973, en plein cœur de la période d'arrêt du réacteur, les objectifs de Gentilly-1 sont définis, par ÉACL, de la façon suivante: un objectif principal qui est de fournir de l'information et de l'expérience pour tous les aspects de l'opération d'un réacteur de type BLW et, de façon générale, de tous les réacteurs de type CANDU, notamment le BLW(PB); deux objectifs secondaires qui sont de fournir le plus grand retour possible sur le capital investi dans Gentilly-1, d'aider à la promotion de l'énergie nucléaire au Québec et de servir à la formation du personnel d'HQ. Cette volonté d'utiliser Gentilly-1 comme outil de recherche pour le projet BLW(PB) sera mise de l'avant au sein d'ÉACL jusqu'à la fin de l'année 1974, alors même que le projet d'usine d'eau lourde de Laprade, qui sera évoqué plus bas, va constituer une autre possible issue de sortie pour Gentilly-1⁴⁹. Les chercheurs d'ÉACL misent d'autant plus sur G-1, qu'ils considèrent très difficile, voire impossible d'obtenir du financement gouvernemental pour un réacteur prototype de BLW(PB). R.G. Hart l'explique ainsi à G.A. Pon: «I believe that in the longer term, G-1 could play a

⁴⁷ Rapport annuel ÉACL, 1972-73, p.2.

⁴⁸ Gray, J.L. «Why Candu ? Its achievements and prospects», *op. cit.* Voir également: Rapport annuel ÉACL, 1972-73, p. 12.

⁴⁹ Lettre d'E.C. Perryman à G.A. Pon, 19 décembre 1974. Voir également lettre d'E.C. Perryman à C.H. Millar, 6000/Gentilly-overall, vol. 1, 21 janvier 1975.

very significant role in our advanced program [...] I think it will be very difficult for us to obtain financing for a BLW-PB prototype in the near future. I believe it would be much easier for us to raise \$50-\$100 million for modifications to Gentilly-1»⁵⁰.

Cependant, un engagement dans un tel programme nécessiterait d'implanter et de développer une filière d'enrichissement d'uranium au Canada. Une option qui ne semble pas gagner l'adhésion de tous au sein d'ÉACL, parmi lesquels J.B. Foster, directeur du groupe Atomic Power Projects à Toronto, qui en fait part à W. G. Morison, assistant directeur de la division Generation Project d'ÉACL: «Personnaly, I am rather reluctant to see us, in Canada, embark on an enriched line because I feel to do so will invoke complications in policies and program that can't be securately envisaged on this stage»⁵¹. Foster milite plutôt pour une lignée de CANDU-BLW de 200 MWe dont le contrôle serait plus aisé, vu la plus faible puissance du réacteur. Après avoir émis un premier avis favorable, J.L. Gray se montre également réticent face au programme d'enrichissement d'uranium et au projet BLW(PB), notamment à cause des coûts qu'il engendrerait, aux risques toxiques qui lui sont associés et au fait que les clients d'ÉACL ont déjà opté pour le PHW, concept fiable et capable de générer des retombées commerciales dès la mise en service des centrales de ce type⁵²:

«The adoption of such a reactor system in Canada is problematical with the Pickering success and the desires – or in fact the needs – of the utilities for proven systems that can be built on time and give high availability.

We have very little experience or reliable estimates of the costs of producing plutonium-enriched fuel on a commercial scale. We know the extreme toxicity must increase costs but whether this increase will be sufficient to preclude the economical recycling of plutonium we do not know. Recycling plutonium is a more urgent economic problem for other

⁵⁰ Mémo de R.G. Hart à G.A. Pon, 13 décembre 1974.

⁵¹ Lettre de J.B. Foster à W. G. Morison, 5001 CANDU Reactor Concepts, vol. 4, 9 novembre 1972.

⁵² Gray, J.L. «Why Candu ? Its achievements and prospects», *op. cit.*

reactor systems, and there is no incentive for us to take the lead in this area».

Finalement, trois ans après le début des recherches sur le BLW(PB), en mai 1975, le PRDPC en vient à la conclusion que le projet devrait être mis en veilleuse pendant au moins cinq ans⁵³, essentiellement pour les raisons évoquées par Gray. On pourrait rajouter que l'option du BLW(PB) a été rejetée au Canada parce qu'une industrie de l'enrichissement ne cadrerait pas avec la politique nucléaire canadienne qui, s'étant engagée à ne développer que l'aspect civil de l'énergie nucléaire, utilisait comme un atout, pour la vente de ses réacteurs alimentés à l'uranium naturel, la non-obligation du recours à l'enrichissement.

4.5 Le projet «La Prade» et le redémarrage de Gentilly-1

Avec l'engagement d'HQ dans un deuxième projet nucléaire, la centrale de Gentilly-2, le manque d'eau lourde est un problème qui risque de perdurer. D'autant qu'en Ontario, la construction d'une série de réacteurs est prévue. On envisage donc de construire une autre usine d'eau lourde. Et c'est le site de Gentilly qui est retenu, au début de l'année 1974, tel que mentionné dans le rapport d'activité d'HQ: «Au cours de l'année, l'Hydro-Québec a entamé des pourparlers avec l'ÉACL concernant l'emplacement exact et l'approvisionnement en électricité et en vapeur de l'usine d'eau lourde d'une capacité de 800 tonnes par année que le gouvernement fédéral a décidé de faire construire par l'ÉACL à Gentilly»⁵⁴. Hydro-Québec serait, dans ce contexte, chargée d'alimenter l'usine en électricité et en vapeur à hauteur, respectivement de 70 MWe et 600 MWt, par l'entremise de la centrale de Gentilly-1⁵⁵. En cas de panne à Gentilly-1, l'approvisionnement de l'usine en vapeur, nécessaire à la production d'eau lourde, devrait, à ce moment-là, être assuré par le réacteur de Gentilly-2⁵⁶.

⁵³ PRDPEC, Minutes of the 9th Meeting, 1615-P1, vol. 7, 7 mai 1975.

⁵⁴ Rapport d'activité HQ 1973, juin 1974, p. 41.

⁵⁵ *Ibid.* Voir aussi: Rapport annuel HQ 1974, avril 1975, p. 20.

⁵⁶ Rapport d'activité HQ 1974, juin 1975, p.45.

Quelques semaines avant le redémarrage de la centrale, en décembre 1974, ÉACL redéfinit les objectifs de Gentilly-1, par rapport à mai 1973. Le nouvel objectif principal serait de démontrer que Gentilly-1 puisse être une source fiable de vapeur pour l'usine de Laprade et qu'après son raccordement à cette dernière, on puisse démontrer que de longues périodes d'opérations à haute puissance soient possibles. À côté, une liste d'objectifs secondaires est également présente: fournir de l'information et de l'expérience pour tous les aspects de l'opération des réacteurs de type CANDU, et notamment le BLW, fournir le plus grand retour possible sur le capital investi dans le projet, aider à la promotion de l'énergie nucléaire au Québec et servir à la formation du personnel d'HQ⁵⁷. En produisant de la vapeur, le réacteur Gentilly-1 fournirait, dès lors, moins d'électricité, mais le ferait d'une façon sûre. C'était d'ailleurs à cette condition qu'HQ s'était engagée à acheter le BLW en septembre 1966. Cette solution aurait également l'avantage de garder HQ fermement dans le nucléaire. La Prade est prévue pour la fin de 1978, on a donc tout le temps d'apporter les modifications à G-1. Et ÉACL est en bonne position pour choisir entre plusieurs options quant à l'avenir du CANDU-BLW.

Dès la fin de l'année 1973, de l'eau lourde commence à être retournée à Gentilly-1. Le redémarrage du réacteur est prévu pour l'été ou l'automne 1974⁵⁸. Il aura finalement lieu le 6 décembre de la même année. Un retour graduel à la pleine puissance du réacteur est prévu pour juin 1975. Cependant, le programme de redémarrage prend plus de temps que prévu, d'autant plus qu'on se rend compte, en mai 1975, que la puissance du réacteur ne peut aller au-delà de 40% de sa pleine puissance. Et ce n'est justement qu'à partir de cette puissance qu'une génération d'électricité à partir de la puissance thermique est possible. En réalité, à partir de septembre 1975, le réacteur ne pourra même plus être opéré au-dessus de 30% de sa pleine capacité⁵⁹. Cette limitation est causée par un problème de contrôle de la pression de vapeur via la turbine du réacteur, en particulier le

⁵⁷ Lettre d'A. Dahlinger à G.A. Pon, 18 novembre 1974.

⁵⁸ Rapport d'activité HQ 1973, juin 1974, p. 42.

contrôle des perturbations mineures, chose très inquiétante, dans la perspective du projet de Laprade où l'on mise justement sur une production fiable de vapeur⁶⁰. Un conflit de travail entre les employés d'HQ et leur direction, à l'été 1976, va également contribuer à ralentir les travaux de remise en service du réacteur à sa pleine puissance, comme mentionnée dans le rapport annuel d'ÉACL de l'année 1975-76: «the program of recommissioning the prototype CANDU-BLW station continued through the year. Delays to this program were occasioned by slowdowns and a subsequent strike by the Hydro-Quebec site staff»⁶¹. Des problèmes de corrosion dans certaines composantes de la centrale, causés par la longue période d'inactivité du réacteur, font également leur apparition, à la même période⁶². Le rapport d'activité d'HQ pour l'année 1976 rapporte également que «l'année a été consacrée à effectuer des réparations majeures sur les moteurs des pompes principales du caloporteur, les échangeurs de chaleur du système modérateur, les condensateurs auxiliaires. On a également apporté des modifications importantes au système de contrôle de la pression au système de protection»⁶³. Ainsi, au cours de l'année 1976, le réacteur n'aura produit aucune électricité. Il ne redeviendra à nouveau critique que le 29 décembre 1976, pour atteindre une puissance limitée de 118 MWe, en janvier 1977. Il est de nouveau arrêté à cette date afin de réaligner sa turbine, puis des problèmes au niveau des échangeurs de chaleur du modérateur causent un nouvel arrêt prolongé. Un redémarrage n'est espéré que pour la date de mai 1978.

En 1976, le gouvernement du Canada, alors aux prises depuis quelques années avec une sévère inflation, avait entrepris des coupures dans ses dépenses. Le secteur de la recherche scientifique n'étant pas épargné, il opère une coupe de 500 millions de dollars dans le budget d'ÉACL et retarde de deux ans le prêt qu'il

⁵⁹ Mémo de Hare à A.J. Mooradian, 6000/Gentilly-overall, vol. 1, série 2, 30 janvier 1976.

⁶⁰ Mémo de C.A. Herriot à H. Smyth, «Gentilly-1 problems reviewed», 6000/Gentilly-overall, vol. 2, 3 mars 1976.

⁶¹ Rapport annuel ÉACL, 1975-76, p.8. Voir également: Herriot, C.A., «Report on G-1 reactor», 6000/Gentilly-overall, vol.2, 24 juin 1976.

⁶² Mémo de C.A. Herriot à D. Stevens, 6000/Gentilly-overall, vol. 2, série 2, 29 juin 1976.

lui a consenti pour la poursuite de la construction de l'usine de La Prade⁶⁴. Au lieu de 1978, la mise en service serait prévue pour 1980.

Les activités du chantier sont donc retardées, durant l'année 1977, et des négociations entre le gouvernement fédéral et le gouvernement du Québec sont entamées pour la poursuite de la construction de l'usine. Les négociations connaissant un certain retard, qu'ÉACL attribue à «la nouvelle politique énergétique annoncée par le gouvernement provincial [qui] a laissé entendre que le nucléaire n'était plus prioritaire au Québec au cours des années 1980»⁶⁵. Nous reviendrons, plus tard, sur le virage opéré par le gouvernement du Québec dans l'organisation de la politique énergétique de la province, notamment après la victoire du Parti québécois aux élections provinciales de novembre 1976. Pour l'heure, le 21 octobre 1977, le Premier ministre du Canada Pierre-Elliott Trudeau écrit à son homologue québécois René Levesque pour l'informer des difficultés éprouvées par ÉACL à vendre ses réacteurs CANDU, situation qui risquerait de réduire les besoins canadiens en eau lourde⁶⁶. De fait, pour l'année 1977-1978, de larges surplus d'eau lourde vont apparaître⁶⁷. Ainsi, si le Québec désirait que la construction de l'usine de La Prade se poursuive, il devrait en confirmer l'intérêt dans les plus brefs délais, sous peine d'un arrêt des travaux le 15 novembre⁶⁸. Cet intérêt devrait surtout se concrétiser par un engagement pour la construction de trois centrales supplémentaires Gentilly-3, 4 et 5.

Il ressort donc de ce message que le Canada, étant donné la conjoncture de l'époque, n'a pas besoin d'eau lourde et de ce fait, ÉACL désire obtenir une certaine assurance de l'existence d'un marché québécois pour la production à

⁶³ Rapport annuel ÉACL, 1977-78, juin 1978.

⁶⁴ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Quatrième session, 30^e législature, no 121, le 11 août 1976, p. B-3983.

⁶⁵ Rapport Annuel ÉACL, 1977-78, juin 1978.

⁶⁶ Gauquelin, Michel, «Un Québec hydro-électrique dans un Canada nucléaire» dans Carpentier, Jean-Marc et al., *Face au Nucléaire*, Sillery: Québec Science Éditeur, 1980, p. 187. En ce qui concerne les difficultés rencontrées par ÉACL pour l'exportation de réacteurs CANDU à l'étranger dans la période 1975-1990, voir les chapitres 5 et 6 de Bratt, Duane, *The Politics of CANDU Exports*, Toronto: University of Toronto Press, 2006.

⁶⁷ Faucher, Philippe et Johanne Bergeron, *op. cit.*, p. 61.

venir d'eau lourde. Une semaine avant la date d'arrêt des travaux énoncée par le gouvernement fédéral, le Conseil des ministres québécois, en réunion, met le dossier La Prade à son ordre du jour. Après une confrontation entre le ministre délégué à l'Énergie Guy Joron, partisan de l'abandon de La Prade, et les ministres des Finance Jacques Parizeau, de l'Industrie et du Commerce, Rodrigue Tremblay ainsi que du Développement Économique, Bernard Landry, ce sont finalement ces derniers qui emportent la décision⁶⁹. Ils voient dans ce projet un moteur de développement économique et un pourvoyeur d'emplois auquel ils ne sont pas prêts à renoncer. En effet, le chantier emploie 350 ouvriers en plus d'une centaine d'autres employés en dehors du site. Si la construction devait reprendre à un rythme normal, elle nécessiterait la présence de 900 personnes pendant trois ou quatre ans⁷⁰. À un stade du projet où le gouvernement fédéral a déjà investi entre 200 et 300 millions de dollars sur les 850 prévus, La Prade est, pour l'instant, sauvé. HQ s'engage auprès du gouvernement fédéral pour la construction de Gentilly-3 mais pas pour Gentilly 4 et 5. On s'engage également à «partager les risques financiers découlant d'éventuels surplus d'eau lourde»⁷¹. Une entente de principe est finalement conclue, en décembre 1977, et c'est ainsi qu'en janvier 1978, au terme des négociations entre les deux gouvernements et les deux sociétés d'état, HQ s'engage «sur l'achat de 1440 tonnes métriques d'eau lourde d'EACL, en considération de quoi, cette dernière s'engage à construire l'usine d'eau lourde La Prade d'après un échéancier déterminé»⁷². Une deuxième entente, signée en même temps que la première, précise quant à elle «les modalités selon lesquelles ÉACL confie à HQ le mandat de concevoir, construire et exploiter les installations requises pour fournir l'électricité, l'eau et la vapeur à cette usine»⁷³. Cette

⁶⁸ Gauquelin, M., *op. cit.*, pp. 187-188.

⁶⁹ «Québec autorise Gentilly III puis s'imposera un moratoire», *Le Devoir*, 16 novembre 1977, p. 1 et p. 6.

⁷⁰ *Ibid.*

⁷¹ Gauquelin, M., *op. cit.*, p. 188.

⁷² Rapport annuel HQ 1978, avril 1979, p. 30.

⁷³ *Ibid.*

deuxième entente donne également un droit prioritaire à HQ de se porter acquéreur de l'usine avant 1990⁷⁴.

Quel rôle Gentilly-1 devrait-il jouer dans cette entente? Aucun. En effet, dans l'entente conclue entre les deux parties, il est spécifié que Gentilly-1 ne devrait plus servir à l'alimentation de La Prade en vapeur. C'est à Gentilly-2 seule que serait, à présent, dévolu ce rôle. Ainsi, les travaux de conversion sur la centrale sont abandonnés au début de l'année 1978, comme le mentionne le rapport annuel d'ÉACL: «The station, which is principally serving as a training facility for Hydro-Québec Nuclear Operation staff, was being modified to act as the source of steam energy for the LaPrade Heavy Water Plant. With the signing of an agreement with Hydro-Quebec in January 1978 to perform this role, conversion work on Gentilly-1 was terminated»⁷⁵. Il semble que les problèmes chroniques rencontrés dans l'opération du réacteur BLW ainsi que des contraintes budgétaires aient dissuadé les ingénieurs d'AÉCL d'y avoir recours afin d'alimenter La Prade. Dans une entrevue donnée à Hydro-Presse, Paul-Alain Léger, surintendant de Gentilly-1, déclarera qu'ÉACL aurait même fait part à HQ de son intention d'arrêter ses investissements dans le réacteur: «au début de 1978, l'ÉACL, à qui appartient la centrale, a officieusement laissé entendre à Hydro-Québec que ses budgets étaient limités et qu'en conséquence, elle songeait sérieusement à ne plus poursuivre ses activités à Gentilly-1»⁷⁶. De plus, HQ s'étant engagé dans des études préliminaires pour la centrale nucléaire additionnelle de Gentilly-3, ÉACL a peut-être jugé, avec cette promesse, l'implication de son partenaire assez suffisante pour laisser tomber le projet G-1. Mais, à la mi-août 1978, le président du Conseil de Trésor du gouvernement fédéral, Robert Andras, annonce la suspension du projet La Prade, dans le cadre de l'application de nouvelles restrictions budgétaires. Cette annonce suscite, dans un premier temps, la colère du gouvernement du Québec qui, par l'entremise de

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Rapport annuel ÉACL, 1977-78, juin 1978, p. 10.

⁷⁶ Entrevue avec P.-A. Léger, «Une planche de salut pour Gentilly 1: l'achat de la centrale par Hydro-Québec», *Hydro-Presse*, 59^e année, no. 19, fin octobre 1979, p.8.

son ministre de l'Énergie Guy Joron, menace Ottawa de poursuites pour bris de contrat⁷⁷. Mais quelques semaines plus tard, Joron se montre enclin à renégocier le contrat conclu en janvier 1978 à condition que le gouvernement fédéral investisse 600 millions de dollars pour la création de 1500 emplois dans le secteur hydroélectrique québécois⁷⁸. Finalement, les négociations se poursuivront avec le nouveau gouvernement fédéral du conservateur Joe Clark, élu en juin 1979. Ce dernier promet une compensation de 200 millions de dollars au gouvernement du Québec contre l'abandon du projet La Prade⁷⁹. Mais les négociations n'aboutiront pas non plus puisque le gouvernement de Joe Clark sera défait en mars 1980. Avec Pierre Trudeau de retour au pouvoir, les négociations reviendront au point mort. Au final, la construction de l'usine ne se relèvera jamais de l'arrêt d'août 1978. L'usine sera, plusieurs années plus tard, réaménagée en lieu de stockage d'eau lourde.

4.6 La politique nucléaire québécoise dans les années soixante-dix

Avant de décrire la fin de la centrale de Gentilly-1, il est utile de faire un survol de la politique énergétique et nucléaire québécoise, tout au long de la décennie soixante-dix, de façon à mieux contextualiser la décision de mettre Gentilly-1 au rencart, au début des années quatre-vingt.

Le 12 novembre 1970, la nouvelle de l'entrée officielle en opération de la centrale de Gentilly-1 est accueillie avec enthousiasme par le gouvernement Bourassa. Le ministre québécois des Richesses naturelles, Jean-Guy Massé, annonce alors que le Québec vient d'«entrer dans l'âge atomique» et a acquis, grâce au travail conjoint des scientifiques et ingénieurs d'ÉACL et d'HQ, un «nouvel outil moderne d'exceptionnelle valeur»⁸⁰. Cependant, pour HQ et le

⁷⁷ «La mise au rencart de La Prade: Joron menace de poursuivre Ottawa pour bris de contrat», *Le Devoir*, le 23 août 1978, p. 1.

⁷⁸ «Guy Joron se ravise et se dit prêt à discuter de La Prade», *Le Devoir*, 6 septembre 1978, p. 1.

⁷⁹ «La Prade: le gouvernement fédéral aura englouti \$426 millions pour rien», *Le Soleil*, le 19 janvier 1980, p. D9.

⁸⁰ Débats de l'Assemblée Nationale du Québec. Première session, 29e législature, vol. 10, no 25, le

gouvernement provincial, l'hydro-électricité demeure la source d'énergie prioritaire à développer. Le projet majeur qui occupera le devant de la scène, dans la décennie à venir, sera celui de la Baie-James, dont l'annonce est faite officiellement par le Premier Ministre libéral Robert Bourassa, le 29 avril 1971. La priorisation de la Baie James ne va pas sans soulever la contestation de l'un des partis d'oppositions, le Parti québécois (PQ), qui considère que les investissements trop massifs dans la Baie-James se feront forcément au détriment du développement du nucléaire.

Dans un dossier critique du projet, *L'Affaire de la Baie-James*, publié en juin 1972, le PQ insiste sur la nécessité d'accentuer, sans retard, les investissements gouvernementaux dans la filière nucléaire car «inévitavelmente, dans un avenir prochain, il faudra recourir à l'énergie nucléaire pour combler nos besoins en électricité», sous peine d'être «alors à la merci de l'industrie étrangère dans un domaine vital de notre économie»⁸¹. Mettant de l'avant des arguments économiques et nationalistes, le PQ craint que la province ne finisse bientôt par accuser, dans le domaine nucléaire, un retard technologique impossible à combler. Il propose de prendre exemple sur le voisin états-unien qui, bien que disposant de 100 milles mégawatts en puissance hydro-électrique, investissait déjà dans la technologie nucléaire, ne risquant pas ainsi «de se retrouver un jour avec [des] réserves hydroélectriques épuisées et une industrie nucléaire à développer»⁸². Quant au choix de la technologie, le PQ ne semble pas spécialement attaché au concept canadien du CANDU. Du point de vue du coût de l'électricité nucléaire, il avance que le prix du kilowatt électrique d'une centrale CANDU reviendrait, en 1978, à 500\$. Estimant que «la filière canadienne est une filière négligée du point de vue mondial et que les autres pays ont adopté la filière à l'uranium enrichi qui est moins dispendieuse du point de vue des investissements (300\$ du kilowatt

jeudi 12 novembre 1970, p. 1503, cité dans: Savard, Stéphane, *op. cit.*, p. 234.

⁸¹ Parti Québécois, *Dossier : L'affaire de la Baie James*, Montréal: Les Éditions du Parti Québécois, juin 1972, p. 39.

⁸² *Ibid.*

installé)»⁸³, rien n'empêche à ses yeux de considérer le développement d'une industrie d'enrichissement de l'uranium qui posséderait, en plus, un potentiel d'exportation non négligeable. D'ailleurs, le PQ rappelle qu'une compagnie partenaire d'HQ dans le projet de Churchill Falls, Brinco, avait déjà proposé au gouvernement du Québec de s'engager dans la construction d'une usine d'enrichissement d'uranium⁸⁴.

Répliquant à ses critiques dans *La Baie James*, livre paru à l'automne 1973 et plaidoyer en faveur de la poursuite du grand projet hydroélectrique, Robert Bourassa ne voit toujours pas le nucléaire comme le principal moyen de combler les futurs besoins énergétiques du Québec. S'appuyant sur l'intervention de Roland Giroux, président d'HQ, devant la Commission parlementaire des Richesses naturelles, en mai 1971, Bourassa affirme qu'un programme nucléaire de l'envergure de la Baie James s'avérerait bien plus coûteux. Plus exactement, «selon les études de l'Hydro-Québec qui opère à titre expérimental la centrale nucléaire de Gentilly, l'équivalent nucléaire du projet de la Baie James coûterait un milliard de dollars supplémentaires au Québec»⁸⁵. À cela, il ajoute la question de la gestion des déchets radioactifs et celle de la sécurité des centrales, comme facteurs incitant à la prudence. Il explique le recours des Américains au nucléaire par une contrainte plus que par un choix, puisqu'ils feraient face à l'épuisement de leurs ressources hydrauliques. Le Québec, riche en lacs et en rivières, n'étant pas soumis à cette contrainte, peut se permettre de prendre du recul pour voir l'avenir, sans avoir à «se lancer à corps perdu dans l'aventure nucléaire»⁸⁶. Il lui suffit, pour l'instant, «de continuer à utiliser la centrale thermonucléaire de Gentilly en tant qu'usine-pilote, afin de poursuivre ses recherches dans ce secteur vital,

⁸³ *Ibid.*, p. 47. Le PQ, s'appuyant sur des chiffres américains, avance même que le coût moyen du kilowatt électrique, pour les centrales américaines à être mises en service en 1977 et 1980, serait de 257\$.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 49.

⁸⁵ Bourassa, R., *La Baie James*, Montréal: Éditions du Jour, 1973, p. 25.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 27.

familiariser et entraîner son personnel à ces modes de production d'énergie de l'avenir et suivre l'évolution mondiale de la science dans ce secteur»⁸⁷.

En mai 1972, le président d'HQ, Roland Giroux, avait déjà exposé, devant la Commission parlementaire des Richesses naturelles et des Terres et Forêts, le résultat d'une autre étude comparative entre différents programmes d'approvisionnement à prédominance thermique, nucléaire ou hydraulique, susceptibles de répondre aux besoins énergétiques futurs de la province. Ces programmes étaient au nombre de vingt-cinq. La conclusion de cette étude réaffirmait que l'hydraulique demeurait, économiquement, plus avantageux à exploiter. De plus, Giroux ajoutait que «le thermique et le nucléaire durent moins longtemps que l'hydraulique et le degré de fiabilité moindre impose des investissements supplémentaires en équipement de réserve»⁸⁸. C'est pour cette raison que les efforts d'HQ devaient être essentiellement orientés vers l'aménagement de la Baie James, avec début de mise en service en 1980, sans que ce choix n'empêche la construction de quelques centrales thermiques et nucléaires. À ce propos, Giroux indiquait qu'«en 1978 et 1979, nous [HQ] devons mettre en service des installations de 2500 MW. Parmi ces installations, notre intention est d'inclure un groupe nucléaire de 600 MW, tel que proposé par l'Énergie Atomique du Canada Limitée, projet dont les conditions restent à négocier»⁸⁹, ce qui allait se concrétiser quelques mois plus tard par une entente sur la centrale de Gentilly-2.

En somme, Giroux prônait l'investissement dans le projet de la Baie James, pour des raisons économiques, tout en admettant être «d'accord avec ceux qui disent que, tôt ou tard, nous devons nous orienter fortement vers le nucléaire et qu'il faut s'y préparer»⁹⁰, raison pour laquelle HQ avait participé à la mise sur pied de l'Institut de génie nucléaire à l'École Polytechnique de Montréal et décidé

⁸⁷ *Ibid.*, p. 24.

⁸⁸ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Troisième session, 29^e législature, no 28, les 16 et 18 mai 1972, p. B-1706.

⁸⁹ *Ibid.*

⁹⁰ *Ibid.*, p. B-1707.

de construire Gentilly-2. Le nucléaire allait donc être investi graduellement mais sans précipitation, malgré les protestations, lors des débats de la Commission, du député péquiste Guy Joron, futur ministre délégué à l'Énergie du premier gouvernement de René Levesque, en novembre 1976⁹¹. Cette position d'HQ est finalement similaire à celle énoncée par Bourassa dans *La Baie James*.

Les positions du gouvernement libéral et de l'opposition péquiste face au nucléaire vont se maintenir jusqu'en 1976⁹². Cependant, en juillet 1975, toujours à la Commission parlementaire des Richesses naturelles et des Terres et Forêts, le discours de Roland Giroux dénote une évolution de la position d'HQ en faveur d'un développement plus rapide du nucléaire ainsi qu'un souci de l'intégrer dans un programme mixte avec l'hydraulique. Ceci, à la grande satisfaction du PQ et de Guy Joron qui ne manque pas de faire observer qu'«enfin, Hydro-Québec constate comme nous qu'il va s'agir de faire marcher de pair la mise en œuvre des potentiels hydrauliques rentables qui restent au Québec, avec le développement de l'énergie nucléaire»⁹³. Giroux évoquera, même, des études effectuées par HQ visant à «préciser l'ampleur du programme à établir et à réaliser pour obtenir la meilleure transition [nous soulignons] possible de l'hydraulique au nucléaire»⁹⁴. Cette transition semble inéluctable en raison du rythme de croissance que devrait suivre la consommation d'électricité au Québec (selon les prévisions d'HQ, un taux moyen de croissance annuel de la consommation de 7.75% à prévoir), conjugué au manque de sites hydrauliques exploitables (c'est-à-dire rentabilisables), à partir du milieu des années quatre-vingt (un potentiel qui ne

⁹¹ Voir les débats de l'Assemblée Nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Troisième session, 29e législature, no 37, le 25 mai 1972, pp. B-2373 à B-2405.

⁹² Voir, pour l'année 1973, les débats de l'Assemblée Nationale du Québec: Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Quatrième session, 29e législature, no 10, le 10 avril 1973, pp. B-371 à B-377. Pour l'année 1974, voir la Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Quatrième session, 30e législature, no 127, le 5 juillet 1974, pp. B-4979 à B-4989.

⁹³ Débats de l'Assemblée Nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Troisième session, 30e législature, no 163, le 3 juillet 1975, p. B-5361.

⁹⁴ *Ibid.*, p. B-5356. Nous soulignons.

dépasserait pas les 15000 MWe). Les prévisions exposées par Giroux à la Commission des Richesses naturelles reposent sur un programme d'aménagement futur de centrales nucléaires, publié par HQ en mai 1975⁹⁵. Le début de la transition de l'hydraulique vers un programme mixte hydraulique-nucléaire y est prévu pour l'année 1985, c'est-à-dire, après la fin des travaux sur le complexe de La Grande.

En mai 1976, à l'occasion d'un colloque tenu à l'École Polytechnique de Montréal intitulé *L'industrie québécoise face au défi de l'énergie nucléaire*, Lucien Cahill, directeur général de la division du Génie, expose les grandes lignes du programme d'HQ. Est prévue la construction d'un réacteur par année, d'une puissance variant entre 600 et 850 MWe, entre 1985 et 1990; deux par année entre 1990 et 1995 et trois par année entre 1995 et 2000, pour un total de 30,000 MWe installés à la fin du siècle (Tableau 4.2)⁹⁶. Ainsi, selon Robert Boyd, successeur de Roland Giroux à la tête d'HQ, si l'on regarde le programme proposé, «l'électricité nucléaire occupe une part de 3% des installations de l'Hydro-Québec en 1985, soit 1000 mégawatts, de 9% en 1990, soit 4000 mégawatts et de 15% en 1995 soit 9000 mégawatts [...] Ce n'est qu'en l'an 2000 qu'elle augmenterait à 33%. Ces chiffres se traduisent par un besoin d'une centrale de quatre groupe en 1990 et d'une autre en 1995 [...] Quant à la dernière tranche, de 1995 à l'an 2000, elle s'inscrit dans des décisions à prendre au milieu des années 1980»⁹⁷. Ces chiffres sont basés sur une prévision de la croissance annuelle moyenne de la demande en électricité de 7.75% (Tableau 4.3 et Tableau A), valeur extrapolée de la demande à laquelle HQ a répondu dans la décennie précédant l'année 1975.

⁹⁵ Hydro-Québec, *Plan d'expansion du réseau 1985-2000*, mai 1975.

⁹⁶ «L'industrie québécoise face au défi de l'énergie nucléaire», *Comptes rendus du premier colloque Augustin-Frigon, École Polytechnique de Montréal, du 12 au 14 mai 1976*, volume 1, janvier 1977, pp. V-2.1 à V-2.11.

⁹⁷ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Deuxième session, 31^e législature, no 4, le 15 février 1977, p. B-171.

Tableau 4.2 Plan d'équipement d'HQ pour la période 1985-2000⁹⁸

Période	Puissance requise [MW]	Équipement de production [MW]			
		Hydraulique	Nucléaire	Pointe	Total
1985-90	12500	4000	3000	5500	12500
1990-95	19000	8500	5500	5000	19000
1995-00	32000	-	21500	10500	32000
Total	63500	12500	30000	21000	63500

Tableau 4.3 Prédiction de la croissance de la demande d'électricité en 1975 pour la période 1985-2000 et évolution de la croissance réelle⁹⁹

Prévisions d'HQ pour la période 1985-2000 [%]	7.75 (croissance moyenne)
Croissance réelle des ventes d'électricité entre 1985-1990 [%]	5.10
Croissance réelle des ventes d'électricité entre 1990-1995 [%]	2.43
Croissance réelle des ventes d'électricité entre 1995-2000 [%]	1.15

En novembre 1976, le PQ remporte les élections provinciales. Alors que l'on aurait pu s'attendre à ce que le programme d'HQ soit soutenu par un parti qui s'était toujours montré favorable à l'énergie nucléaire, c'est le contraire qui survient. En effet, la politique que va adopter le PQ sera plutôt orientée vers l'économie d'énergie et la poursuite de l'exploitation du potentiel hydroélectrique

⁹⁸ Hydro-Québec, *Plan d'expansion du réseau 1985-2000*, mai 1975, p. 17.

⁹⁹ *Ibid.*, p. 7 et Rapports annuels HQ 1990, 1995 et 2000. Voir également Annexe A pour les chiffres des ventes annuelles d'électricité au Québec et l'évolution de la croissance de ces ventes (période 1985-2000).

de la province. On voit les premiers signes de ce changement de cap dans les débats de la Commission Parlementaire des Richesses naturelles et des Terres et Forêts de février 1977 et clairement dans ceux de septembre 1977. Déjà, le 19 janvier 1977, un Bureau des économies d'énergie était mis sur pied par le gouvernement et un Livre blanc sur la politique énergétique était annoncé pour l'automne de la même année.

Lors des débats de la Commission de février 1977, Boyd expose «les deux orientations fondamentales que devrait poursuivre une politique énergétique adaptée aux besoins du Québec. Il s'agit d'une part, d'un meilleur équilibre du bilan énergétique et d'autre part, d'un effort concerté d'économie d'énergie»¹⁰⁰. Par rééquilibrage énergétique, HQ entend la nécessité de réduire la part de l'hydraulique dans la production électrique du Québec: 97% en 1985, 91% en 1990, 85% en 1995 et 66% en l'an 2000. Cette réduction de l'hydraulique se faisant, bien entendu, au profit du nucléaire. Quant à l'effort d'économie d'énergie, on sent qu'il est introduit dans le langage d'HQ uniquement pour s'aligner sur le nouveau discours du gouvernement. Elle lui renvoie d'ailleurs la responsabilité d'élaborer cette politique: «Il revient à l'État de prendre les initiatives en ce domaine et, le cas échéant, d'assurer une meilleure coordination des efforts déjà entrepris en ce sens par divers organismes pour en tirer le maximum d'efficacité». Boyd ajoute, peut-être ironiquement, que «dans ce domaine l'Hydro-Québec a innové, depuis plusieurs années, prônant et mettant en application des normes plus strictes dans le domaine de l'isolation des locaux et des chauffe-eau»¹⁰¹. La priorité pour HQ est l'application de son plan programme mixte hydraulique-nucléaire, exposé en mai 1975.

¹⁰⁰ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Deuxième session, 31e législature, no 4, le 15 février 1977, p. B-169. Voir également: Hydro-Québec, *Recommandations de l'Hydro-Québec pour une politique énergétique québécoise: présentation de l'Hydro-Québec devant la Commission parlementaire sur une politique québécoise de l'énergie*, à Québec, le 15 février 1977, 1977, 10 p.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. B-170.

Mais le nouveau ministre délégué à l'énergie, Guy Joron, va commencer par remettre en cause les prévisions de croissance d'HQ. Premièrement, en arguant que ses projections s'appuient sur des données de la structure industrielle du Québec passée et actuelle mais que rien n'empêche le gouvernement, à l'avenir, d'orienter l'industrie vers des secteurs beaucoup moins énergivores¹⁰². Le prix futur du nucléaire envisagé par HQ est également remis en cause par le ministre. S'il était revu à la hausse, comme le montre l'augmentation du prix de l'uranium ou de l'eau lourde, l'hydraulique redeviendrait vite rentable. Même l'aspect sécuritaire des centrales et la gestion des déchets, un argumentaire jadis utilisé par Bourassa, sont mis de l'avant par le ministre pour imposer l'idée que le nucléaire est, pour le Québec, une option tout à fait évitable dans l'avenir. Lors des débats de la Commission de septembre 1977, les libéraux ne manquent pas de rappeler le changement de cap radical du PQ et de celui de son ministre délégué à l'Énergie qui, pendant des années, «allait même jusqu'à dire que si l'Hydro-Québec n'annonçait rien de plus important que la construction d'une usine de 600 mégawatts, tout cela risquait de placer le Québec dans une situation extrêmement désavantageuse»¹⁰³. Joron ne se démonte pas. Il admet volontiers son revirement face au nucléaire, le justifiant par le changement du contexte énergétique mondial induit par la crise pétrolière de l'automne 1973 (pourtant, en 1975, Joron continuait de soutenir l'option nucléaire) et par l'inflation sur le prix des matières premières qu'elle a causé. Entre autres, l'uranium serait passé de 6 à 8\$ la livre avant le choc pétrolier à 40\$ en 1977. Il s'appuie également sur l'augmentation du coût de l'usine de La Prade, passée d'un estimé initial de 350 millions de dollars en 1974 à 1 milliard et demi de dollars à la fin 1977, pour montrer que le coût de production de l'énergie nucléaire a drastiquement augmenté en quatre ans¹⁰⁴.

¹⁰² *Ibid.*, p. B-172.

¹⁰³ Débats de l'Assemblée nationale du Québec. Commission permanente des richesses naturelles et des terres et forêts. Deuxième session, 31e législature, no 191, le 13 septembre 1977, p. B-5319.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. B-5326. L'argumentaire, s'appuyant sur la crise de l'énergie de 1973, développé pour adopter une politique d'économie d'énergie se retrouve dans le premier volume du Livre blanc sur

Le gouvernement confirme son désaveu du nucléaire en novembre 1977, par l'adoption d'un moratoire de trois ans sur la construction de centrales nucléaires autres que celles sur lesquelles HQ s'était déjà engagé auprès d'ÉACL, à savoir Gentilly-3¹⁰⁵. L'abandon du nucléaire pendant la période 1985-2000 est clairement établi, en juin 1978, dans la deuxième partie du Livre Blanc où l'on peut lire que «si l'on tient compte des objectifs de consommation énergétique que se donne le Gouvernement du Québec d'ici 1990 et des orientations prévues à l'horizon 2000, ainsi que de son programme de développement énergétique, tout donne à croire que les énergies et notamment l'électricité requises durant cette période seront disponibles sans que le Québec ait besoin de recourir à la fission nucléaire au-delà des intentions qu'il a déjà exprimées»¹⁰⁶. Deux documents publiés par le Conseil de Planification et de Développement du Québec (CPDQ) viendront renforcer, un an plus tard, les décisions prises par le gouvernement. Dans le premier, le CPDQ recommandera que le Québec utilise toutes les sources d'énergies possibles avant d'avoir recours au nucléaire et que, dans une telle éventualité, un débat, réunissant les représentants du secteur de l'énergie, les acteurs économiques et les représentants de la société civile, soit entamé sur la question¹⁰⁷. Dans le deuxième document, divers aspects de la faisabilité de l'option nucléaire sont examinés. Si la faisabilité technique et économique de la filière CANDU, la sécurité des approvisionnements en uranium ainsi que les

la politique énergétique québécoise. Gouvernement du Québec: Direction générale de l'énergie, *L'Énergie au Québec. 1/ L'évolution au cours des trente dernières années*, vol. 1, Québec: Éditeur officiel du Québec, décembre 1977, pp. 99-115.

¹⁰⁵ Ce moratoire sera reconduit, pour une durée de quatre ans, en 1981, par le nouveau ministre délégué à l'Énergie du second gouvernement René Levesque, Yves Bérubé. Voir: «Centrales nucléaires: Bérubé prolonge le moratoire de 5 ans», *La Presse*, le 27 février 1981, p. B1.

¹⁰⁶ Gouvernement du Québec: Direction générale de l'énergie, *La politique québécoise de l'énergie. Assurer l'avenir*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1978, p. 69.

¹⁰⁷ Gouvernement du Québec: Conseil de Planification et de Développement du Québec, *Avis et recommandations au premier ministre et au ministre de l'Énergie et des Ressources: les implications de l'option nucléaire au Québec*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1979, pp. 17-18.

retombées sur l'emploi sont reconnues, l'acceptabilité sociale et politique des risques inhérents au nucléaire l'est beaucoup moins¹⁰⁸.

La publication de la deuxième partie du Livre Blanc, en juin 1978, survient dans un nouveau contexte de tension avec le gouvernement fédéral. En effet, en 1973, à l'époque de la signature de l'entente sur la construction de Gentilly-2, le gouvernement fédéral s'était engagé à financer 50% du prix de la centrale. L'estimé initial étant de 300 millions de dollars, sa part se chiffrait alors à 150 millions de dollars. Mais depuis, le coût de la centrale ayant explosé pour bientôt atteindre le milliard de dollars, le gouvernement du Québec demande au fédéral un financement supplémentaire que ce dernier refuse de lui accorder, ceci d'autant plus qu'il n'existe pas d'entente officielle à cet effet. Le gouvernement péquiste se montre d'autant plus mécontent de la situation, que le gouvernement du Nouveau-Brunswick, qui s'était engagé pour la construction de la centrale de Pointe-Lepreau, identique à Gentilly-2, en 1975, a quant à lui, bénéficié d'un montant de 350 millions, alors que les deux réacteurs devaient entrer en opération à peu près en même temps¹⁰⁹.

Dans un contexte où le gouvernement du Québec a posé un moratoire sur l'énergie nucléaire courant jusqu'à l'année 1980, où il a clairement montré, dans le Livre Blanc, son désintérêt pour le nucléaire comme source d'électricité à court et à moyen terme et où le projet de l'usine d'eau lourde de La Prade a été suspendu par le gouvernement fédéral, l'avenir s'annonce sombre pour la centrale de Gentilly-1.

¹⁰⁸ Gouvernement du Québec: Conseil de Planification et de Développement du Québec, *Synthèse du document de support « Les implications de l'option nucléaire au Québec »*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1979, pp. 37-48.

¹⁰⁹ Conférence de presse de Guy Joron, 20 juin 1978, http://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageFichier.aspx?idf=51533, consulté le 1^{er} septembre 2012.

4.7 La fin de Gentilly-1

Après l'échec de son intégration au projet La Prade, la centrale de Gentilly-1 se retrouve sans mission. Peu de temps après la signature de l'entente de janvier 1978, G.A Pon avait déjà recommandé à ses supérieurs de fermer Gentilly-1¹¹⁰. Les sommes prêtées par le gouvernement fédéral, depuis 1966, pour la mise au point de la centrale, sont transférées au budget de R&D d'ÉACL afin qu'elles ne soient plus comptabilisées comme des pertes dans ses colonnes comptables (Tableau 4.4):

L'AECL a déterminé que Gentilly-1 était principalement une installation expérimentale et que, par conséquent, elle faisait partie de son programme de recherche et d'application. C'est pourquoi la valeur aux livres de cette centrale a été radiée. Le montant de cette radiation a été déduit du capital d'apport découlant d'emprunts dont le Canada a fait remise à l'AECL. Le coût des améliorations apportées à G-1 et les résultats de son exploitation sont inclus dans le programme de recherche et d'application¹¹¹.

En 1978, le total des dépenses du gouvernement fédéral liées à Gentilly-1 se chiffre à 87.57 millions de dollars¹¹². À cette somme s'ajoute un montant de 38.6 millions correspondant à la renonciation du gouvernement aux intérêts sur les prêts consentis à ÉACL pour le même réacteur¹¹³.

Malgré les problèmes que connaît la centrale, ÉACL va tout de même tenter d'en négocier la vente à HQ. En octobre 1978, une offre officielle de vente est soumise. La demande est étudiée par la division Production et Transport d'HQ qui prépare une contre-proposition d'achat. Celle-ci est présentée au C.A de la compagnie qui, en novembre 1979, n'aura toujours pas pris de décision finale. Cependant, Gentilly-1 conserve toujours certains appuis au sein d'HQ. Au cours de la période de négociation pour la vente, P.-A. Léger, alors directeur des centrales thermiques et nucléaires pour HQ, souligne dans une entrevue à Hydro-Press, alors que la fin de G-1 est prévisible mais non encore décidée, que si ce

¹¹⁰ Entrevue de G.A. Pon par Y. Gingras, 26 avril 1989.

¹¹¹ Rapport annuel ÉACL 1977-78, juin 1978, p.10.

¹¹² Énergie, Mines et Ressources Canada, *Aperçu de la politique nucléaire: documents d'information*, Rapport no. ER81-2F, 1981, p. 333.

réacteur n'avait pas été mis en marche conformément aux attentes, cela serait dû en partie au peu d'implication financière d'HQ dans le projet¹¹⁴. En somme, si HQ s'impliquait d'avantage, G-1 pourrait devenir une source sûre et fiable d'électricité.

Tableau 4.4 Prêts du gouvernement fédéral à ÉACL pour la construction et l'opération de Gentilly-1¹¹⁵

Année	Montant (en millions de dollars)
1966-1967	2.50
1967-1968	12.5
1968-1969	22.0
1969-1970	21.0
1970-1971	19.0
1971-1972	4.70
1972-1973 à 1976-1977	-
1977-1978	5.87
Total	87.57

À la fin du mois de janvier 1980, une rencontre est organisée à la demande d'HQ, aux laboratoires de Chalk River, afin d'étudier d'autres possibilités d'utilisation du réacteur pour des applications en R&D. L'intérêt d'HQ est motivé par son désir d'en savoir plus sur les réacteurs CANDU-BLW au cycle de combustible avancé (c'est-à-dire utilisant du thorium comme combustible) et par l'éventuelle possibilité d'utiliser Gentilly-1 dans un programme de recherche

¹¹³ Rapport annuel ÉACL 1977-78, juin 1978, p.10.

¹¹⁴ Entrevue avec P.-A. Léger, «Une planche de salut pour Gentilly 1: l'achat de la centrale par Hydro-Québec», *Hydro-Presse*, 59^e année, no. 19, fin octobre 1979, p.8-9.

¹¹⁵ Énergie, Mines et Ressources Canada, *op. cit.*, p. 333.

associé à ces réacteurs ou à des CANDU-PHW du même type¹¹⁶. Mais cette première démarche ne connaît pas de suite. En avril 1981, *Hydro-Press* rapporte que «des opérations sont actuellement en cours à G-1 pour décharger le combustible et possiblement remettre la centrale en marche, en état commercial, dans environ 5 ans»¹¹⁷. Entre temps, HQ poursuit les négociations avec ÉACL en vue de se porter acquéreur de Gentilly-1. Mais aucun accord n'est conclu, d'autant plus que le gouvernement du PQ, comme nous l'avons décrit à la section précédente, a adopté un moratoire sur l'énergie nucléaire et renforcé son emprise sur la direction que devaient prendre les programmes de développement d'HQ, notamment pour les diriger vers l'économie d'énergie. Le moratoire sur le nucléaire est d'ailleurs prolongé à la mi-mars 1981 pour une durée de quatre ans¹¹⁸.

Le 18 novembre 1981, le C.A. d'HQ rend publique la décision de ne pas se porter acquéreur de Gentilly-1 qui ne constituerait pas «un producteur d'énergie sûr et fiable»¹¹⁹. Il annonce, dans la foulée, qu'il renonce également à se lancer dans le projet de Gentilly-3: «Gentilly-3, pour sa part, ne sera pas mise en service en 1992. Les besoins d'énergie du Québec ne justifiant pas la contribution de cette centrale de 850 MW au réseau, le conseil a décidé de surseoir à toute démarche visant à s'engager dans cet avant-projet»¹²⁰. Les travaux entrepris en avril 1981 pour la mise en conservation du cœur du réacteur continuent dans les deux années qui suivent et sont supervisés par un nouveau bureau d'ÉACL, ouvert à Montréal en 1982¹²¹. Ils sont financés par des crédits parlementaires du gouvernement fédéral. En 1984, l'activité de «mise en conservation» devient une activité de «déclassement», puisque, selon le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1983-

¹¹⁶ Mémo de E. Critoph à A.J. Mooradian, 5 février 1980.

¹¹⁷ «Gentilly 1 a dix ans», *Hydro-Press*, 61^e année, no. 7, mi-avril 1981, p. 16.

¹¹⁸ «Quatre déclarations d'intention du ministre Bérubé», *Hydro-Press*, 61^e année, no. 6, mi-mars 1981, p. 3.

¹¹⁹ «Le Conseil d'Administration adopte le projet Grande Baleine, reformule la mission d'HQI et redéfinit la politique nucléaire de l'entreprise», *Hydro-Press*, 61^e année, no. 21, fin novembre 1981, p. 1.

¹²⁰ *Hydro-Press*, 61^e année, no. 6, mi-mars 1981, p. 3.

1984, «les études entreprises pour déterminer sa vocation future n'ont pas, à ce jour, abouti à l'identification d'alternatives valables»¹²². Le déclassement du réacteur est achevé, en juin 1986, pour un coût légèrement inférieur à 25 million de dollars¹²³. Les activités de déclassement incluent l'isolation des bâtiments du réacteur, de service et de la turbine, le stockage à sec du combustible usagé dans des silos en béton, la décontamination de la piscine à combustible ainsi que le stockage des équipements et systèmes contaminés du bâtiment de service¹²⁴. Une partie du bâtiment de service est transformé en centre de formation technique pour le personnel d'HQ à Gentilly-2. Certaines sections de la centrale seront acquises par HQ, d'autres, comme le bâtiment du réacteur, demeurent la propriété d'ÉACL:

Afin de livrer à Hydro-Québec les sections qu'elle avait achetées dans un état permettant d'y aménager des bureaux et un centre de formation, ÉACL a dû transférer les grappes de combustible contenues dans la piscine dans des silos de stockage à sec aménagés dans le bâtiment de la turbine. En plus de démanteler les structures de Gentilly-1, ÉACL a dû procéder à la décontamination radiologique de certaines sections de la centrale achetées par Hydro-Québec.

L'ensemble des travaux de démantèlement et de décontamination ont duré environ deux ans (1985 et 1986). Hydro-Québec a ensuite pris possession des bâtiments et les a aménagés pour en faire des salles de cours, des bureaux et des laboratoires de formation. Depuis 1988, elle y a également installé le simulateur de la centrale de Gentilly-2 qui permet au personnel de développer ses habiletés dans l'application des procédures d'exploitation normale ou d'urgence [nous soulignons]¹²⁵.

¹²¹ Rapport Annuel ÉACL 1981-82, juin 1982, p. 6; Gupta, B., «Taking Canada's Gentilly-1 to a "static state"», *Bulletin de l'AIEA*, Volume 27, numéro 4, 1985, pp. 27-29.

¹²² Rapport Annuel ÉACL 1983-84, juin 1984, p. 15.

¹²³ Denault, P., «A Study in Nuclear Decommissioning», *Civil Engineering—ASCE (American Society for Civil Engineers)*, Vol. 58, No. 2, février 1988, pp. 74-77.

¹²⁴ *Ibid.*

¹²⁵ Hydro-Québec, *Historique des centrales de Gentilly-1 et Gentilly-2*, http://web.archive.org/web/20060515165941/http://www.hydroquebec.com/production/classiques/nucleaire/gentilly_2/pdf/historique.pdf, consulté le 1^{er} septembre 2012.

Suite aux travaux de déclassements, ÉACL annonce que son bureau de Montréal a «acquis une expertise en matière de déclassement, d'entreposage du combustible, de protection contre les rayonnements et en physique de la santé»¹²⁶.

4.8 Conclusion

Nous avons vu, au début de ce chapitre, que les deux premières années d'opération de la centrale se sont révélées satisfaisantes, tant pour ÉACL que pour HQ, malgré les difficultés rencontrées dans le contrôle du cœur du réacteur. La période de rodage du réacteur a toutefois été interrompue par une pénurie d'eau lourde qui, durant deux ans, a sévi au Canada et forcé l'arrêt de Gentilly-1 jusqu'en décembre 1974. Cet événement montre à quel point la trajectoire d'un grand projet technologique peut être tributaire de facteurs imprévisibles qui, selon la nouvelle conjoncture, forcent ses acteurs à redéfinir leurs objectifs et leur stratégie. Car, le concept PHW ayant, entre temps, connu le succès escompté, l'intérêt pour le BLW, et du coup pour Gentilly-1, a décliné chez ÉACL, et ce, dès le début de l'année 1973. Mais comme HQ semblait vouloir poursuivre ses investissements dans le nucléaire, la situation n'était pas propice pour percevoir Gentilly-1 comme un échec. D'un côté, HQ avait besoin d'un personnel assez nombreux et Gentilly-1 constituait un instrument valable pour sa formation. Gentilly-2 ne viendrait qu'amplifier les besoins en personnel qualifié. De l'autre, ÉACL comptait relancer G-1 en l'intégrant au projet BLW(PB) puis à celui de La Prade. Nous avons vu comment les objectifs du réacteur ont été, par deux fois, redéfinis. Plutôt que de produire de l'électricité, qui est la vocation première d'un réacteur nucléaire de cette puissance, ce sont des informations scientifiques et techniques pour d'autres aspects de la stratégie de développement d'ÉACL qu'on lui demandait, puis de fournir de la vapeur pour l'usine d'eau lourde de La Prade. Ainsi, jusqu'à la fin de 1977, le projet Gentilly-1 a survécu même si sa fonction originelle, par deux fois, a changé. Face à cette situation, nous sommes contraints de constater que s'il fallait parler d'échec technologique, nous devrions plutôt

¹²⁶ Rapport annuel ÉACL 1986-87, juin 1987, p. 6.

parler d'échecs au pluriel, puisque c'est l'abandon des projets BLW(PB) et La Prade qui sonnera le glas de Gentilly-1 et des nouvelles fonctions qu'on lui avait accordées. À son tour, cette constatation nous révèle la complexité des processus de R&D, ce que la notion simpliste d'«échec technologique» tend parfois à occulter.

Nous sommes également revenus sur la politique énergétique nucléaire du Québec, tout au long des années soixante-dix. L'accès du PQ au pouvoir en novembre 1976, le désaveu de sa politique pro-nucléaire, son adoption d'une politique d'économie d'énergie puis d'un moratoire de trois ans contre l'implantation de nouvelles centrales ont joué en défaveur de la continuation du projet Gentilly-1. Ceci constitue une autre preuve de la vulnérabilité des projets technologiques à des facteurs externes à la technologie elle-même, sans bien sûr que les facteurs techniques ne soient exclus de l'histoire de Gentilly-1. Nous nous sommes, en effet, longuement attardés aux problèmes récurrents d'instabilité du cœur qu'a connu le réacteur et qui ont également joué le rôle le plus visible dans la décision d'arrêter le réacteur. Il est toutefois utile de rappeler qu'il existait une solution «technique» au problème d'instabilité du réacteur, soit le recours au combustible enrichi, projet auquel était consacré le concept de BLW(PB).

En somme, ce chapitre nous a permis de mettre en lumière les différents facteurs, autant techniques que politiques et économiques, qui ont joué un rôle, à différents moments ou en même temps, dans la trajectoire qu'a prise le projet Gentilly-1. Durant ses dix années d'opérations, le réacteur de Gentilly-1 n'aura fonctionné que 184 jours¹²⁷ (Tableau 4.5).

¹²⁷ *Hydro-Presse*, 61^e année, no. 7, mi-avril 1981, p. 16.

Tableau 4.5 Historique de l'opération de Gentilly-1 (1972-1977)¹²⁸

Année	Électricité fournie [GWh]	Temps annuel en ligne [h]	Facteur de charge* [%]
1972	699.9	3658	39.8
1973-76	0.0	0	0.0
1977	37.7	525	4.1
Total	737.6	4183 (= 174 jours**)	7.5

* Rapport entre l'énergie électrique effectivement produite par la centrale et l'énergie qu'elle aurait pu produire en fonctionnant à sa pleine puissance.

**À cela s'ajoute une dizaine de jours d'opération à pleine puissance en 1971 pour un total de 184 jours.

¹²⁸ Base de données de l'AIEA (PRIS: Power Reactor Information System),
<http://www.iaea.org/pris/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=47>, consulté le 1^{er}
septembre 2012.

CONCLUSION

L'histoire de la centrale de Gentilly-1 nous a permis de mettre en lumière certains aspects peu étudiés du programme nucléaire canadien et québécois. Nous avons d'abord expliqué comment, à la fin de l'année 1964, le concept des réacteurs BLW a fini par s'imposer, au sein d'ÉACL, comme principale alternative aux réacteurs PHW. Nous avons évoqué les facteurs, économiques et techniques, qui ont poussé ingénieurs, scientifiques et décideurs d'ÉACL à développer le projet BLW-250. Du point de vue économique, ce concept permettait d'éliminer de grandes quantités d'eau lourde dans le réacteur. Techniquement, il était plus simple à construire et possédait un rendement plus élevé. Il était également considéré comme plus sécuritaire et s'intégrait dans un réseau de connaissance déjà acquises par ÉACL. Enfin et surtout, le projet BLW-250 portait en lui la promesse d'un réacteur commercial de 500 MWe, plus proche des besoins de potentiels clients. Malgré tous ces avantages, nous n'avons pas omis d'insister sur l'aspect expérimental et novateur du projet et sur l'incertitude qui l'entourait. Les ingénieurs d'ÉACL avaient notamment des craintes sur la valeur positive du coefficient de réactivité du vide, jugée trop élevée et pouvant causer des problèmes d'instabilité dans le contrôle du réacteur.

En second lieu, nous avons vu comment le projet BLW-250 s'est concrétisé sur le terrain dans la centrale nucléaire de Gentilly-1. Cette étape du projet nous a permis de voir comment HQ a fait son entrée dans un secteur industriel structuré par le partenariat entre ÉACL et O-H. Nous avons dégagé les raisons qui ont poussé HQ à se lancer dans la production d'énergie nucléaire: cette dernière était vue comme la source d'énergie de l'avenir, elle entraînait dans une politique de diversification des moyens de production d'HQ et constituait une alternative idéale face à l'augmentation du coût des lignes de transport et, selon

les prévisions de l'époque, aux limites que devait atteindre le développement du potentiel hydraulique de la province. Mais le plus intéressant à observer était la stratégie nucléaire d'HQ visant, autant que possible, à l'autonomie vis-à-vis d'ÉACL, suivant ainsi les pas d'O-H. Cela se voit à la volonté d'HQ de former sa propre équipe d'ingénieurs et de chercheurs et à sa collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal pour la création d'un institut de génie nucléaire. Le projet BLW permettait au Québec de se doter, à l'intérieur du Canada, d'une position similaire à celle de ce dernier dans le monde: la maîtrise d'un programme original et l'établissement d'une industrie autochtone. La centrale de Gentilly-1 était donc l'outil idéal pour réaliser cette stratégie.

Finalement, la troisième partie de ce mémoire a porté sur la période d'opération de la centrale, de novembre 1970 à novembre 1981, puis à son déclassement en avril 1986. Cette période et les trois années qui la précèdent nous ont permis de mettre en relief la sensibilité de la trajectoire du projet Gentilly-1 à des facteurs contingents : le coefficient de réactivité du vide (CRV) positif, jugé plus élevé que prévu; la pénurie d'eau lourde survenue au Canada en 1972, qui a forcé l'arrêt du réacteur pendant deux ans; l'émergence puis l'abandon des projets BLW(PB) et d'usine d'eau lourde de La Prade. Nous avons aussi décrit les différents facteurs qui ont influé sur le projet: des facteurs techniques avec les problèmes d'opération liés, comme prévu, au CRV du réacteur; des facteurs économiques et politiques que nous avons mis à jour à travers les stratégies des gouvernements provincial, fédéral, d'ÉACL et HQ tout au long de la décennie soixante-dix.

Ce mémoire nous a également permis de soulever trois points importants concernant le déroulement des grands projets technologiques. Premièrement, en présentant chronologiquement les différentes étapes du projet Gentilly-1 et en les replaçant dans l'ensemble des efforts de recherche et de développement d'ÉACL, nous avons pu relativiser la notion d'«échec technologique» en l'inscrivant dans le processus sociopolitique qui accompagne l'innovation technologique. Cette notion d'«échec technologique» impliquant une interprétation déterministe de

l'innovation (selon laquelle chaque technologie contiendrait intrinsèquement des conditions qui la mènent fatalement au succès ou à l'échec) masquait la complexité réelle de la dynamique de l'innovation. Ceci, même lorsqu'elle était appliquée, dans le cas de Gentilly-1, à une technologie lourde en investissements matériels et humains, exigeant une planification à long terme et où il est souvent très difficile de faire marche-arrière, une fois prises les orientations stratégiques. Nous avons en effet vu que le développement du BLW n'a pas suivi un cheminement linéaire qui va de la recherche fondamentale à l'usage commercial, en passant par la recherche appliquée et le développement technologique. Les travaux de recherche fondamentale et appliquée ont été poursuivis durant toute la durée du projet. Nous en avons mentionné deux exemples significatifs: la poursuite des recherches sur le CRV en 1967 et le projet BLW(PB) en 1972. L'essai de conversion du réacteur à la production de vapeur pour l'usine d'eau lourde montre également qu'on revient à une étape de développement technologique devant l'échec de la mise en production. Il est également intéressant de constater que le BLW de Gentilly-1 a dû assumer le double rôle de réacteur prototype et de produit commercial, ce qui l'a certainement handicapé. Cela contraste avec le cas du PHW qui a bénéficié de deux prototypes pour tester sa viabilité avant la construction du réacteur commercial de Pickering-1. Il a d'ailleurs gardé ce statut ambigu pour HQ et ÉACL. Lorsque les choses allaient bien, on en parlait comme d'un réacteur commercial et d'un produit fini, mais dès qu'on faisait face à des problèmes d'opération, on rappelait qu'il ne s'agissait que d'un prototype.

Deuxièmement, c'est l'interprétation ou le recours exclusif au facteur « technologique » comme source de succès ou d'échec que nous avons remis en question. Les facteurs purement technologiques invoqués pour mettre fin au projet Gentilly-1 n'étaient, en fin de compte et dans les faits, ni les seuls, ni les plus déterminants, les facteurs socio-économiques et politiques ayant joué un rôle tout aussi important. De plus, si l'on devait considérer Gentilly-1 comme un échec technologique et le juger sur des critères strictement techniques, le projet aurait dû

s'arrêter bien avant 1981. Par exemple, en mars 1967 lorsque les ingénieurs d'ÉACL ont eu la confirmation que le CRV serait trop élevé pour un réacteur de 500 MWe. Ou alors en 1974, alors qu'ils faisaient face à des problèmes techniques de diverses natures dans l'opération et le contrôle du réacteur. Mentionnons également qu'il existait une solution technique au problème de Gentilly-1, qui était celle de l'utilisation de l'uranium enrichi comme combustible. D'ailleurs, il existe un réacteur de type BLW de 100 MWe, le SGHWR¹, utilisant de l'uranium faiblement enrichi comme combustible, qui a été conçu en Angleterre en 1968, et qui a été opéré pendant 23 ans². Le projet BLW(PB) a été rejeté au Canada parce qu'une industrie de l'enrichissement ne cadrerait pas avec la politique nucléaire canadienne. L'implantation d'une telle industrie aurait été extrêmement coûteuse et nécessiterait la maîtrise de savoir-faire en matière de contrôle de la toxicité du plutonium dans lequel ÉACL n'était pas prête à s'investir. Enfin, en ce qui concerne Gentilly-1, s'il fallait parler d'échec technique, nous devrions parler d'échecs au pluriel, puisque plus tard, c'est l'abandon des projets La Prade et BLW-PB qui sonnera le glas de G-1 et des nouvelles fonctions qu'on lui avait accordées.

Troisièmement, nous avons vu qu'au-delà d'une diversité de discours prônant rationalité et planification, la trajectoire du projet de Gentilly-1 a été fortement influencée par une suite d'événements circonstanciels et imprévus. De nature politique et économique autant que technique, ces événements ont également créé, dans le cas de Gentilly-1, des bifurcations qui ont agi sur le projet comme de nouvelles contraintes mais aussi comme des ressources mises à profit par les agents impliqués pour redéfinir leurs stratégies. Par exemple, l'idée d'utiliser du plutonium recyclé pour alimenter le cœur de G-1 avait émergé, dès 1969, après que l'on ait découvert, deux ans plus tôt, que le CVR était beaucoup plus élevé que prévu. Mais les partisans de cette idée n'ont pu la concrétiser dans le projet BLW(PB) qu'à la faveur des premiers problèmes d'opérations rencontrés

¹ Steam-Generating Heavy Water Reactor.

en 1972 et de la pénurie d'eau lourde qui a forcé l'arrêt du réacteur pendant deux ans. Faire autrement que prendre en considération le facteur imprévisibilité dans les grands projets technologiques aurait pour conséquence de conserver non seulement une idée erronée de l'activité scientifique et technologique mais aussi une attitude inadéquate quant aux risques (d'échec, de catastrophe, etc.) inhérents aux choix scientifiques et technologiques que la société est continuellement appelée à exercer. En effet, nous avons vu qu'au départ, malgré la relative assurance de faisabilité du projet Gentilly-1, rien n'était vraiment assuré. Le discours de rationalisation du projet par les scientifiques eux-mêmes est d'ailleurs un des éléments important qui masque parfois le degré de risque inhérent à tout projet technologique. Il en est de même des intérêts et des enjeux politiques. L'incertitude inhérente au processus d'innovation est là pour nous rappeler que la science et la technologie ne sont pas, au chapitre des résultats anticipés, omnipotentes.

² International Atomic Energy Agency (IAEA), «Heavy Water Reactors: Status and Projected Development», *Technical Reports Series No. 407*, Vienna, 2002, pp. 59-61.

BIBLIOGRAPHIE

Archives ÉACL

Dossier 1615-P1 (archives du PRDPEC).

Dossier 6000/Gentilly-overall.

Dossier 5001/CANDU Reactor Concepts Overall.

Rapports annuels 1956-57 à 1986-87.

Rapports techniques et publications ÉACL

Boucher, G.R., «Rapport sur l'état des travaux: la central nucléaire de Gentilly», Rapport ÉACL, EACL-3071F, novembre 1968.

Brooks, G.L. and G.A. Pon, «Conceptual Design of a Natural Uranium Boiling Light Water Reactor», Rapport ÉACL, AECL-2211, mars 1965.

Chalk River Staff, «Natural Uranium Boiling Light Water Reactor Study 450 MW(e)», Rapport ÉACL, ARE-9 Part 1, décembre 1962.

Foster, J.S., «Appraisal of Alternative Systems», 11 mars 1963.

Gray, J.L., «Le Canada: Le réacteur CANDU et son avenir», *Bulletin de l'AIEA*, Volume 14, numéro 6, 1972, pp. 11-15.

Gray, J.L., «Why Candu? Its achievements and prospects», Rapport ÉACL, AECL-4709, janvier 1974.

Greenwood, J.W., «Énergie nucléo-électrique au Canada», Rapport ÉACL, EACL-1950F, 1964.

Gupta, B., «Taking Canada's Gentilly-1 to a "static state"», *Bulletin de l'AIEA*, Volume 27, numéro 4, 1985, pp. 27-29.

- Haywood, L.R., «The Role of AECL Laboratories», in *The Twelfth AECL Symposium on Atomic Power*, Ottawa, 19 avril 1968, Rapport ÉACL, AECL-3067, pp. 35-43.
- Lewis, W.B., «An Atomic Power Proposal», Rapport ÉACL, DR-18, AECL No. 186, 27 août 1951.
- Lewis, W.B., «Possibilities of Generating Atomic Electric Power at Competitive Rates», Rapport ÉACL, DL-17, AECL No. 178, 12 avril 1955.
- Lewis, W.B., «The Growth and Yield of Atomic Energy Research», *Canadian Nuclear Technology*, vol. 2, no. 2, printemps 1963.
- Lewis, W.B. and J.S. Foster, «Canadian Operating Experience with Heavy Water Reactor», Rapport ÉACL, Rapport ÉACL, AECL-3569, août 1970.
- Matzner, B., Casterline, J.E., Moeck, E.O. and G.A. Wikhammer, «Experimental Critical Heat Flux Measurements Applied to a Boiling Reactor Channel», in *The American Society of Mechanical Engineering*, 1966 Annual Meeting, pp. 2-11.
- Perryman, E.C., «AECL Research and Development Program for Water-Cooled CANDU Reactors», Rapport ÉACL, CRNL-2254, novembre 1970.
- Pon, G.A., «Light-Water-Cooled Heavy-Water-Moderated Natural-Uranium Power Reactor», in *The Ninth AECL Symposium on Atomic Power*, Toronto, 23 septembre 1963, Rapport ÉACL, AECL-1807, pp. 59-67.
- Pon, G.A., «CANDU-BLW-250 Progress Report», Rapport ÉACL, AECL-2254, août 1966.
- Pon, G.A., «CANDU-BLW-250», Rapport ÉACL, AECL-2942, septembre 1967.
- Pon, G.A. and G.R. Boucher, «Gentilly Nuclear Power Station», in *The Eleventh AECL Symposium on Atomic Power*, Toronto, 13-14 octobre 1966, Rapport ÉACL, AECL-2486, pp. 23-32.
- PRDPEC Report, «Power Reactor Development Evaluation», Rapport ÉACL, AECL-1730, mai 1963.
- Smith, K.L., «Recent Progress With Canada's Nuclear Generating Stations», Rapport ÉACL, AECL-4357, janvier 1973.

Woodhead, L.W. and al., «Commissioning and Operating Experience with Canadian Nuclear-Electric Stations», Rapport ÉACL, AECL-3972, septembre 1971.

Entrevues

Entrevue de G.A. Pon par Yves Gingras, 26 avril 1989.

Fonds d'archives, rapports et publications HQ

Archives d'Hydro-Québec, propriété d'Yves Gingras.

Hydro-Québec, *Plan d'expansion du réseau 1985-2000*, juin 1975, 55 p.

Hydro-Québec, *Recommandations de l'Hydro-Québec pour une politique énergétique québécoise: présentation de l'Hydro-Québec devant la Commission parlementaire sur une politique québécoise de l'énergie, à Québec, le 15 février 1977*, 1977, 10 p.

Hydro-Québec, *Historique des centrales de Gentilly-1 et Gentilly-2*, http://web.archive.org/web/20060515165941/http://www.hydroquebec.com/production/classiques/nucleaire/gentilly_2/pdf/historique.pdf, consulté le 1^{er} septembre 2012.

Rapports annuels 1972 à 2000.

Articles du bimensuel d'HQ *Hydro-Press* (*Entre-Nous* avant 1970)

«Réal Boucher: l'ambition a trop longtemps manqué aux gens de ma province», *Entre-Nous*, mi-mars 1969, p. 6.

«Gentilly entre en service», *Hydro-Press*, 51^e année, no. 19, octobre 1971, p. 3.

«Toujours en période d'essai, Gentilly est utile au réseau», *Hydro-Press*, 51^e année, no. 19, octobre 1971, p. 3.

«Gentilly fonctionne à pleine puissance», *Hydro-Press*, 52^e année, no. 12, fin juin 1972, p. 3.

- «Le réacteur nucléaire est arrêté pour huit mois», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 7, mi-avril 1972, p. 3
- «Projet d'une deuxième centrale nucléaire au Québec», *Hydro-Presse*, 52^e année, no. 16, mi-septembre 1972, p. 1 et p. 7.
- «Gentilly 2: le départ est donné», *Hydro-Presse*, 53^e année, no. 12, fin juin 1973, p. 5.
- «Gentilly 1: Malgré l'arrêt de production les activités se poursuivent», *Hydro-Presse*, 53^e année, no. 12, fin juin 1973, pp. 7-8.
- «Gentilly 2: 72 mois de construction», *Hydro-Presse*, 54^e année, no. 10, fin mai 1974, p. 3.
- «Une planche de salut pour Gentilly 1: l'achat de la centrale par Hydro-Québec», *Hydro-Presse*, 59^e année, no. 19, fin octobre 1979, p.8-9.
- «Quatre déclarations d'intention du ministre Bérubé», *Hydro-Presse*, 61^e année, no. 6, mi-mars 1981, p. 3.
- «Gentilly 1 à dix ans», *Hydro-Presse*, 61^e année, no. 7, mi-avril 1981, p. 16.
- «Le Conseil d'Administration adopte le projet Grande Baleine, reformule la mission d'HQI et redéfinit la politique nucléaire de l'entreprise», *Hydro-Presse*, 61^e année, no. 21, fin novembre 1981, p. 1.

Rapports et archives gouvernementaux

Conférence de presse de Guy Joron, le 20 juin 1978, http://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageFichier.aspx?idf=51533, consulté le 1^{er} septembre 2012.

Débats de l'Assemblée Nationale du Québec (Commission Permanente des Richesses Naturelles et des Terres et Forêts). Bibliothèque Nationale du Québec.

- 1972 : *Administration de l'Hydro-Québec*. Troisième session, 29^e législature, no 25, le 11 mai.
- 1972 : *Société d'aménagement de la baie James*. Troisième session, 29^e législature, no 28, les 16 et 18 mai.

- 1972 : *Société d'aménagement de la baie James (2)*. Troisième session, 29e législature, no 37, le 25 mai.
- 1973 : *Hydro-Québec (1)*. Quatrième session, 29e législature, no 10, le 10 avril.
- 1974 : *Rapport des activités de l'Hydro-Québec (3)*. Deuxième session, 30e législature, no 127, le 5 juillet.
- 1975 : *Rapport des activités de l'Hydro-Québec (1)*. Troisième session, 30e législature, no 163, le 3 juillet.
- 1977 : *Étude de la situation énergétique du Québec (4)*. Deuxième session, 31e législature, no 4, le 15 février.
- 1977 : *Étude des rapports des activités de l'Hydro-Québec et de la Société d'énergie de la baie James ainsi que du nouveau règlement tarifaire (1)*. Deuxième session, 31e législature, no 191, le 13 septembre.

Énergie, Mines et Ressources Canada, *Aperçu de la politique nucléaire: documents d'information*, Rapport no. ER81-2F, 1981, 385 p.

Gouvernement du Québec: Direction Générale de l'Énergie, *L'énergie au Québec. I/ L'évolution au cours des trente dernières années*, vol. 1, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1977.

Gouvernement du Québec: Direction Générale de l'Énergie, *La politique québécoise de l'énergie. Assurer l'avenir*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1978, 95 p.

Gouvernement du Québec: Conseil de Planification et de Développement du Québec, *Avis et recommandations au premier ministre et au ministre de l'Énergie et des Ressources: les implications de l'option nucléaire au Québec*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1979, 27 p.

Gouvernement du Québec: Conseil de Planification et de Développement du Québec, *Synthèse du document de support «Les implications de l'option nucléaire au Québec»*, Québec: Éditeur officiel du Québec, 1979, 109 p.

Références en lien avec l'énergie nucléaire au Canada et au Québec

Babin, Ronald, *L'option nucléaire: développement et contestation de l'énergie nucléaire au Canada et au Québec*, Montréal: Boréal Express, 1984, 226 p.

- Bothwell, Robert, *Nucléus: L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal: Agence d'Arc, 1988, 558 p.
- Bourassa, Robert, *La Baie James*, Éditions du Jour, 1973, 139 p.
- Bratt, Duane, *The Politics of CANDU Exports*, Toronto: University of Toronto Press, 2006, 337 p.
- Buckley, Brian, *Canada's Early Nuclear Policy: Fate, Chance, and Character*, Montréal: McGill-Queen's University Press, 2000, 172 p.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), «Heavy Water Reactors: Status and Projected Development», *Technical Reports Series No. 407*, Vienna, 2002.
- Hurst, Donald G. (Ed), *Canada Enters the Nuclear Age: A Technical History of Atomic Energy of Canada Limited as Seen from its Research Laboratories*, Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, 1997, 448 p.
- Cantello, Gerald, *The Roles Played by the Canadian General Electric Company's Atomic Power Department in Canada's Nuclear Power Program: Work, Organization and Success in APD, 1955-1995*, Master Thesis: Trent University, Peterborough, May 2003, 168 p.
- Denault, Paul, «A Study in Nuclear Decommissioning», *Civil Engineering—ASCE (American Society for Civil Engineers)*, Vol. 58, No. 2, February 1988, pp. 74-77.
- Doern, Bruce G., *Government Intervention in the Canadian Nuclear Industry*, Montreal: Institute for Research on Public Policy, 1980, 203 p.
- École Polytechnique de Montréal, «L'industrie québécoise face au défi de l'énergie nucléaire», *Comptes rendus du premier colloque Augustin-Frigon, École Polytechnique de Montréal, du 12 au 14 mai 1976*, volume 1, janvier 1977.
- Eggleston, Wilfrid, *Canada's Nuclear Story*, London: Harrap, 1965, 368 p.
- Faucher, Philippe et Johanne Bergeron, *Hydro-Québec: la société de l'heure de pointe*, Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 1986, 216 p.
- Fawcett, Ruth, *Nuclear Pursuits: The Scientific Biography of Wilfrid Bennett Lewis*, Montreal and Kingston: McGill-Queen's University Press, 1994, 233 p.

- Fitzgibbons, Kevin, «Le CANDU et l'industrie nucléaire canadienne», dans Faucher, Philippe (éd.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 1999, pp. 125-164.
- Gagnon, Robert, *Histoire de l'École Polytechnique de Montréal: la montée des ingénieurs francophones*, Montréal: Boréal, 1991, 526 p.
- Gauquelin, Michel, «Un Québec hydro-électrique dans un Canada nucléaire» dans Carpentier, Jean-Marc et al. (éds.), *Face au Nucléaire*, Sillery: Québec Science Éditeur, 1980, pp. 169-190.
- Gingras, Yves and Michel Trépanier, «Constructing a Tokamak: Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources», *Social Studies of Science*, Vol.23, No. 1 (Feb., 1993), pp. 5-36.
- Hecht, Gabrielle, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge: MIT Press, 1998, 469 pp.
- Hogue, Clarence, Bolduc, André et Daniel Larouche, *Québec: un siècle d'électricité*, Montréal: Libre Expression, 1979, 416 p.
- Léger, P.A et L.F. Monier, «État de la centrale nucléaire de Gentilly», 72-CNA-304, *Canadian Nuclear Association: Proceedings of the 1972 Annual Conference*, Ottawa, 11-14 juin 1972, pp. 1-8.
- Parti Québécois, *Dossier: L'affaire de la Baie James*, Montréal: Les Éditions du Parti Québécois, juin 1972, 69 p.
- Provost, Martine, *Les stratégies d'autonomie d'une entreprise publique: le cas du programme nucléaire d'Hydro-Québec*, Mémoire de Maîtrise: Université de Montréal, mai 1988, 183 p.
- Savard, Stéphane, *Retour sur un «projet du siècle»: Hydro-Québec comme vecteur des représentations symboliques et identitaires du Québec, 1944 à 2005*, Thèse de Doctorat: Université Laval, août 2010, 414 p.
- Slater, Ian, «The Taegukgi and the Maple Leaf: The pursuit of South Korean Export Markets by Atomic Energy Canada Limited», *Scientia Canadensis*, vol.32, n°2, 2009, pp. 47-79.
- Slater, Ian, «To Market, to Market: Canadian Nuclear Industry and the Case of the Nuclear Battery», *Journal of Canadian Studies*, vol.46, n°1, winter 2012, pp. 75-111.

Vincent, Solange, *La fiction nucléaire*, Montréal: Québec/Amérique, 1979, 140 p.

Références traitant de la notion d'«échec technologique»

Cowan, Robin, «Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in», *The Journal of Economic History*, Vol. 50, No. 3 (Sep., 1990), pp. 541-567.

Gooday, Gary, «Re-writing the Book of Blots': Critical Reflections on Histories of Technological 'Failure'», *History and Technology*, 1998, vol. 14, pp. 265-291.

Kunkle, Gregory, «Technology in the Seamless Web: "Success" and "Failure" in the History of the Electron Microscope», *Technology and Culture*, January 1995, vol. 36, no. 1, pp. 80-103.

Lipartito, Kenneth, «Picturephone and the Information Age. The Social Meaning of Failure», *Technology and Culture*, January 2003, vol. 44, no. 1, pp. 50-81.

McCray, Patrick, «What Makes a Failure? Designing a New National Telescope, 1975-1984», *Technology and Culture*, April 2001, vol. 42, no. 2, pp. 265-291.

Petersson, Tom, «Facit and the BESK Boys: Sweden's Computer Industry (1956-1962)», *IEEE Annals of the History of Computing*, 2005, vol. 27, no. 4, pp. 23-30.

Torrens, Hugh, «A Study of 'Failure' with a 'Successful Innovation': Joseph Day and the Two-Stroke Internal Combustion Engine», *Social Studies of Science*, May 1992, vol. 22, no. 2, pp. 245-262.

Références générales en histoire et sociologie des sciences et technologies

Badash, Lawrence, Hodes, Elizabeth and Adolph Tiddens, «Nuclear Fission: Reaction to the Discovery in 1939», *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 130, No. 2 (Jun., 1986), pp. 196-231.

Bijker, Wiebe, Hughes, Thomas P. and Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge: MIT Press, 1987, 400 p.

Bijker, Wiebe, *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, MIT Press, 1995, 380 p.

- Callon, Michel, «Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis», in Bijker, Wiebe, Hughes, Thomas P. and Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1987, pp. 83-103.
- Callon, Michel, «Four Models for the Dynamics of Science», dans Jasanoff, Sheila et al. (éds), *Handbook of Science and Technology Studies*, London: Sage, 1995, pp. 30-36.
- Callon, Michel et John Law, «La protohistoire d'un laboratoire», dans Callon, Michel (éd.), *La Science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris: La Découverte, 1989, pp. 66-116.
- Chartrand, Luc, Duchesne, Raymond et Yves Gingras, *Histoire des sciences au Québec*, Montréal: Boréal, 1987, 487 p.
- Feenberg, Andrew, «Democratic Rationalization», dans Kaplan, David M., *Readings in the Philosophy of Technology*, Oxford: Rowman & Littlefield, 2004, pp. 209-226.
- Flichy, Patrice, *L'innovation technique*, Paris: La Découverte, 2003, 255 p.
- Heilbroner, Robert, «Do Machines Make History», *Technology and Culture*, Vol. 8, No. 3 (Jul. 1967), pp. 335-345.
- Hughes, Thomas P., *Networks of Power*, John Hopkins University Press, 1983.
- Hughes, Thomas P., «The Evolution of Large Technological Systems», dans Wiebe Bijker, Hughes, Thomas P. et Trevor J. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge: MIT Press, 1987, pp. 51-82.
- Hughes, Thomas P., «Technological Momentum» in Smith, Merrit Roe and Leo Marx (Eds.), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge: MIT Press, 1994, pp. 101-114.
- Law, John et Michel Callon, «The Life and Death of an Artifact: A network Analysis of Technical Change», in Bijker, Wiebe, et John Law (Eds.), *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge: MIT Press, 1992, pp. 21-52.
- Misa, Thomas J., «Controversy and Closure in Technological Change: Constructing "Steel"», in Bijker, Wiebe and John Law (Eds.), *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge: MIT Press, 1992, pp. 109-139.

- Noble, David, *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*, New York: Alfred Knopf, 1984, 409 p.
- Pinch, Trevor and Wiebe Bijker, «The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other», *Social Studies of Science*, Vol. 14, No. 3 (Aug., 1984), pp. 399-441.
- Weart, Spencer, *La Grande Aventure des Atomistes Français*, Paris: Fayard, 1980, 394 p.
- White, Lynn, *Medieval Technology and Social Change*, Oxford: Clarendon Press, 1962, 194 p.
- Winner, Langdon, *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*, Cambridge: MIT Press, 1977, 396 p.
- Winner, Langdon, «Do Artifacts Have Politics?» in Mackenzie, Donald and Judy Wajcman (Eds.), *The Social Shaping of Technology*, Philadelphia: Open University Press, 1985, 326 p.

Articles de la presse généraliste

- «Québec autorise Gentilly III puis s'imposera un moratoire», *Le Devoir*, 16 novembre 1977, p. 1 et p. 6.
- «La mise au rancart de La Prade: Joron menace de poursuivre Ottawa pour bris de contrat», *Le Devoir*, le 23 août 1978, p. 1.
- «Guy Joron se ravise et se dit prêt à discuter de La Prade», *Le Devoir*, 6 septembre 1978, p. 1.
- «La Prade: le gouvernement fédéral aura englouti \$426 millions pour rien», *Le Soleil*, le 19 janvier 1980, p. D9.
- «Centrales nucléaires: Bérubé prolonge le moratoire de 5 ans», *La Presse*, le 27 février 1981, p. B1.
- «Il faut fermer Gentilly, affirme une vaste coalition», *La Presse*, le 21 mars 2011, <http://www.lapresse.ca/actualites/quebec-canada/national/201103/21/01-4381580--il-faut-fermer-gentilly-affirme-une-vaste-coalition.php>, consulté le 1^{er} septembre 2012.

Archives vidéo

La fiction nucléaire, 1978, documentaire réalisé par Jean Chabot, disponible sur le site de l'Office National du Film canadien à l'adresse http://www.nfb.ca/film/fiction_nucleaire/, consulté le 1^{er} février 2013.

ANNEXE A

Tableau A.1 Évolution des ventes annuelles d'électricité au Québec et de la croissance de consommation correspondante (période 1985-2000)

Année	Ventes d'électricité au Québec* [TWh]	Croissance de la consommation [%]
1986	103.5	-
1987	110.4	6.67
1988	119.8	8.51
1989	127.5	6.43
1990	126.0	-1.17
1991	127.2	0.95
1992	131.9	3.69
1993	137.0	3.86
1994	139.0	1.46
1995	142.0	2.16
1996	144.5	1.76
1997	147.3	1.94
1998	142.8	-3.05
1999	147.0	2.94
2000	152.8	3.95

*Rapport annuel HQ 1990, p. 84 ; rapport annuel HQ 1995, p. 96; rapport annuel HQ 2000, p. 84.