UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA TRAJECTOIRE SOCIOHISTORIQUE D'UN GRAND PROJET NUCLÉAIRE: LES RÉACTEURS MAPLE ET L'INDUSTRIE CANADIENNE DES ISOTOPES MÉDICAUX

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN SCIENCE TECHNOLOGIE ET SOCIÉTÉ

PAR
MAHDI KHELFAOUI

JANVIER 2019

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse 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.07-2011). 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.»

Pour Naïma et Hana

À la mémoire de Hocine

« La science, son goût est amer au début,
mais à la fin, il est aussi doux que le miel ».
Proverbe arabe

REMERCIEMENTS

Mes plus chaleureux remerciements vont à mon directeur de thèse, Yves Gingras, qui par ses conseils et ses commentaires judicieux m'a transmis la rigueur et l'exigence nécessaires à la réalisation de cette recherche. Son érudition profonde, sa franchise et son humour décapant ont rendu nos nombreux échanges instructifs et agréables. Je remercie également les membres de mon jury pour leurs commentaires pertinents.

Durant mes années de thèse, j'ai bénéficié de l'aide et de l'amitié précieuse de plusieurs étudiants et chercheurs, rencontrés à la Chaire de recherche du Canada en histoire et sociologie des sciences et au Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie. Je dois énormément à Pauline Huet qui a lu avec attention chaque chapitre de mon manuscrit et m'a adressé de nombreuses remarques et critiques, utiles tant sur le fond que sur la forme. Je remercie également Pierre-Luc Beauchamp, Isabelle Dufour, Sarah Meunier et Julien Prud'homme, qui ont eu la gentillesse de commenter différents chapitres de ma thèse. Ils auront contribué à rendre ce travail meilleur qu'il ne l'était au départ.

L'accès aux archives et la documentation de mon sujet de recherche ont constitué un défi important. La bonne volonté des archivistes et des agents de traitement des demandes d'accès à l'information m'a été d'un grand secours. Merci à Jean Boulais et Isabelle Gaudreault d'ÉACL, à Yvonne Robinson de la CCSN et à Ilene McKenna de Bibliothèque et archives du Canada. Merci à Alison Motluk, journaliste et auteure d'une brillante enquête sur la politique des isotopes au Canada, qui m'a envoyé à ses frais de précieux documents gouvernementaux liés à l'abandon du projet MAPLE. Merci également à Alan J. Kuperman, professeur en sciences politiques à l'Université d'Austin au Texas, pour m'avoir transmis des documents utiles traitant des exportations américaines d'uranium hautement enrichi vers le Canada.

Mes six années de recherches doctorales n'auraient pu aboutir sans le soutien financier et logistique de plusieurs organismes, auxquels j'exprime ici ma reconnaissance: le Conseil de recherche du Canada en sciences humaines, le Fonds de recherche du Québec – société et culture, la Chaire du Canada en histoire et sociologie des sciences, le Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie et la Faculté des sciences humaines de l'UQAM.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS v
TABLE DES MATIÈRES vii
LISTE DES FIGURES xi
LISTE DES TABLEAUX xiii
LISTE DES ABBRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES xv
RÉSUMÉ xix
INTRODUCTION 1
0.1 Problématique et revue de littérature 7
0.1.1 Les GPT et leurs caractéristiques 7
0.1.2 Prises de décisions dans les GPT 16
0.1.3 Les entreprises technologiques publiques et leurs sources d'autonomie .. 19
0.1.4 Les entreprises nucléaires publiques et leurs relations à l'État 22
0.1.5 La privatisation des entreprises technologiques au Canada 27
0.2 Structure de la thèse 32
0.3 Sources documentaires 37
CHAPITRE I - LES RADIO-ISOTOPES COMME OBJETS SCIENTIFIQUES, INSTRUMENTS POLITIQUES ET PRODUITS COMMERCIAUX 41
1.1 Introduction 41
1.2 Les radio-isotopes dans l'ère atomique 44
1.2.1 Les radio-isotopes et l'industrie privée 50
1.2.2 Les radio-isotopes comme instruments politiques 54
1.2.3 Les applications médicales et biologiques des radio-isotopes 57
1.3 Production industrielle et commercialisation des radio-isotopes au Canada 65
1.3.1 Le cobalt-60 et la téléthérapie 71

1.3.2 Un nouveau produit: le molybdène-99/technétium-99m 76

1.4 Conclusion 81

CHAPITRE II - DE LA SOCIÉTÉ RADIOCHIMIQUE À MDS NORDION: SOCIALISATION DES COÛTS ET PRIVATISATION DES PROFITS DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE DES RADIO-ISOTOPES 85

2.1 Introduction 85

2.2 Les transformations organisationnelles au sein d'AÉCL (1975-1985) 88

2.3 L'initiation du processus de privatisation de la SR (mars 1985 – février 1987) 104

2.4 De la Société radiochimique à Nordion International Inc. (janvier 1987 – septembre 1988) 121

2.5 De Nordion International Inc. à MDS Nordion (septembre 1988 – novembre 1991) 138

2.6 Conclusion 151

CHAPITRE III - LA TRAJECTOIRE DU PROJET MAPLE-X: FRAGILITÉS ET DÉFAILLANCES DU SYSTÈME DE PRODUCTION DE RADIO-ISOTOPES D'ÉACL (1985-1993) 155

3.1 Introduction 155

3.2 Contextualisation du projet MAPLE 158

3.3 Description technique du concept MAPLE 166

3.4 Le projet MAPLE-X: contraintes économiques et régulation nucléaire 172

3.4.1 Dépassements de coûts et redéfinition des caractéristiques du réacteur 177

3.4.2 Les critères de sûreté dans la conception du MAPLE-X 181

3.5 Le MAPLE-X10: projet commercial intégré au dispositif de R&D d'ÉACL 189

3.5.1 Production du Mo-99 et coût du traitement des déchets radioactifs 191

3.5.2 La défaillance du NRU et ses conséquences 197

3.5.3 Après la défaillance du NRU, celle du NRX 203

3.6 La fin du projet MAPLE-X10 207

3.7 Conclusion 221

CHAPITRE IV - DU MAPLE-X10 AU MMIR: REPRISE ET PREMIERS DÉVELOPPEMENTS D'UN 'NOUVEAU' GPT (1993-2003) 225
4.1 Introduction 225
4.2 Du MAPLE-X10 au MMIR: la négociation d'un nouveau projet 227
4.3 L'influence du contexte états-unien sur les négociations du projet MAPLE . 239
4.4 Les débuts du projet MMIR (1997-2003) 246
4.4.1 Continuités et ruptures avec le MAPLE-X10 247
4.4.2 La défaillance des barres d'arrêts du SAU1 254
4.4 Conclusion 268
CHAPITRE V - L'INFLUENCE DES POLITIQUES AMÉRICAINES DE NON-PROLIFÉRATION SUR LA TRAJECTOIRE DU PROJET MMIR 271
5.1 Introduction 271
5.2 Les origines du programme RERTR et ses implications au Canada 276
5.3 L'impact de l'amendement Schumer sur la trajectoire du projet MMIR 288
5.3.1 L'action décisive du Nuclear Control Institute 291
5.3.2 Le NRC face aux enjeux des exportations américaines de HEU 295
5.4 La conversion de la NPF au procédé LEU: un enjeu uniquement technique? 303
5.4.1 L'étude de faisabilité ou le choix orienté de la technique 304
5.4.2 Le programme de conversion de la NPF: le refus de la technique 310
5.5 De la collaboration à la subversion: les stratégies de conservation du procédé HEU par MDS Nordion 314
5.6 Conclusion 327
CHAPITRE VI - FIN DU PROJET MMIR, 'CRISE DES ISOTOPES' ET FUTUR DE LA PRODUCTION DU TC-99M AU CANADA 331
6.1 Introduction 331
6.2 La fin du projet MMIR (2003-2008) 333
6.2.1 La question du CPR 334
6.2.2 Les ressors économiques et politiques d'une décision technique 347
6.3 'Crise des isotopes' et défaillances répétées du NRU 353

6.4 Une nouvelle voie pour la production du Tc-99m au Canada: les cyclotrons et les accélérateurs linéaires 369

6.5 Conclusion 375

CONCLUSION - TEMPORALITÉS MULTIPLES ET PRISES DE DÉCISIONS DANS LE PROJET MAPLE 379

La trajectoire du projet MAPLE: temporalités et enjeux sociotechniques 383

ÉACL et la privatisation de la SR: l'État et ses entreprises technologiques 388

BIBLIOGRAPHIE 393

Archives gouvernementales 393

Demandes d'accès à l'information (numéros de dossiers) 394

Monographies et articles revus par les pairs 394

Énergie nucléaire et radio-isotopes 394

Innovation, grands projets technologiques et entreprises publiques 403

Articles de la presse spécialisée 410

Articles de la presse généraliste 413

Rapports techniques et publications savantes 416

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Procédures médicales faisant intervenir le Tc-99m 64
Figure 1.2 Répartition de la demande mondiale en Mo-99 79
Figure 2.1 Évolution des revenus de la SR et de la branche d'ingénierie d'ÉACL (1980-1988) 120
Figure 3.1 Représentation schématique du réacteur MAPLE: coupe verticale 171
Figure 3.2 Représentation schématique du réacteur MAPLE: coupe horizontale 172
Figure 3.3 Programme d'investissement de la Société de la recherche dans ses installations de production de radio-isotopes 194
Figure 4.1 Plan des nouvelles installations du MMIR 247
Figure 5.1 Chaîne d'approvisionnement en Mo-99 du Canada vers les États-Unis . 318
Figure 6.1 Principaux réacteurs de recherche producteurs de Mo-99 en 2008 355
Figure 6.2 Réseau national de cyclotrons et d'accélérateurs linéaires proposé pour la production canadienne de Tc-99m 375

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Sommaires des revenus de la DPC (1947-1978) 75

LISTE DES ABBRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

AEC	Atomic Energy Commission
AEN	Agence pour l'énergie nucléaire
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
BNL	Brookhaven National Laboratory
BPAR	Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires
BTU	Beam-Therapy Unit
CANDU	CANadian Deuterium-Uranium
CDIC	Compagnie de développement et d'investissement du Canada
CCEA	Commission de contrôle de l'énergie atomique
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CHUS	Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
CORAR	Council on Radionuclides and Radiopharmaceuticals
CPR	Coefficient de puissance de la réactivité
CRL	Chalk River Laboratories
DOE	Department of Energy
DPC	Division des produits commerciaux
DPM	Division des produits médicaux
ÉACL	Énergie atomique du Canada limitée
ÉMR	Énergie, mines et ressources
FISST	Fissile Solution Storage Tank
GPT	Grand projet technologique

HANARO	High-Flux Advanced Neutron Application Reactor
HEU	Highly Enriched Uranium
INL	Idaho National Laboratory
ITAP	Isotope Technology Acceleration Program
KAERI	Korean Atomic Energy Research Institute
LEU	Low Enriched Uranium
MAPLE	Multipurpose Applied Physics Lattice Experimental
MMIR	MDS Nordion Medical Isotope Reactor
MRN	Ministère des ressources naturelles
NCI	Nuclear Control Institute
NISP	Non-reactor Isotope Supply Program
NPF	New Processing Facility
NRU	National Research Universal
NRX	National Research eXperimental
NSAC	Nuclear Safety Advisory Committee
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
O-H	Ontario-Hydro
PM&P	Peat Marwick & Partners
PRIAM	Plant for Recovery and Immobilization of Active Materials
RCC	Radiochemical Company
RERTR	Reduced Enrichment Research and Test Reactor
SAU	Système d'arrêt d'urgence
SAEU	Système d'alimentation électrique d'urgence
SCMN	Société canadienne de médecine nucléaire
SES	SLOWPOKE Energy System

SGN	Société Générale des techniques Nouvelles
SLOWPOKE	Safe LOW-POwer Kritical Experiment
SNL	Sandia National Laboratory
SR	Société radiochimique
SUGAR	SLOWPOKE Uprated for General Applied Research
TRIUMF	Tri-University Meson Facility
UKAEA	United Kingdom Atomic Energy Authority
USNRC	United States Nuclear Regulatory Commission
ZEEP	Zero Energy Experimental Pile

RÉSUMÉ

Cette thèse a pour objet l'étude de la trajectoire sociohistorique d'un grand projet technologique (GPT). Elle s'intéresse plus particulièrement au projet de mise en service de deux réacteurs nucléaires, les MAPLE, spécialisés dans la production de radio-isotopes essentiels pour la médecine nucléaire. Tenant compte d'enjeux multidimensionnels, qu'ils soient de nature technologique, politique, commerciale ou réglementaire, notre étude permet de restituer l'enchevêtrement des différentes temporalités qui ont influé sur le déroulement et l'issue de ce GPT.

L'histoire du projet MAPLE, qui démarre officiellement en 1985 et s'achève par l'échec de la mise en service de ses deux réacteurs en 2008, est également l'occasion de mettre à jour une transformation fondamentale du marché mondial des radio-isotopes: la redistribution inégale des coûts et des profits de l'industrie entre l'activité de production, demeurée publique et à charge des réacteurs de recherche gouvernementaux, et l'activité de commercialisation, privatisée au tournant des années 1990. Les conséquences du rapport de force découlant de cette restructuration sont illustrées par l'analyse de la relation contractuelle qui s'établit entre la société d'État Énergie Atomique du Canada Limitée (ÉACL) et l'entreprise privée MDS Nordion, toutes deux impliquées dans la réalisation du projet MAPLE, respectivement à titre de maître d'œuvre et de commanditaire.

Par ailleurs, l'autopsie du projet MAPLE permet de cerner les réels enjeux de 'la crise des isotopes', situation qui renvoie à un risque de pénurie mondiale d'isotopes médicaux ayant connu ses points culminants en 2007 et 2009. Dans cette thèse, l'explication attribuée à la 'crise des isotopes' dépasse le cadre habituel de la défaillance d'une grande infrastructure technologique. La crise est avant tout interprétée comme un échec de politique publique où le gouvernement du Canada et ÉACL n'ont pas su réconcilier les enjeux économiques, sécuritaires et sanitaires inhérents à l'industrie des isotopes médicaux et à leur produit phare, le Tc-99m.

Finalement, la trajectoire temporelle du projet MAPLE permet d'analyser le déclin du pouvoir décisionnaire et de l'autonomie relative d'ÉACL vis-à-vis du gouvernement fédéral. Dans cette perspective, la trajectoire erratique de ce GPT met en lumière, à travers le cas de la production canadienne d'isotopes médicaux, les impacts socioéconomiques des politiques de contrôle financier, de rationalisation et de privatisation, insufflées par le gouvernement fédéral à ses entreprises technologiques à partir du début des années 1980.

Mots clés: isotopes médicaux, nucléaire, réacteurs MAPLE, ÉACL, MDS Nordion.

INTRODUCTION

Cette thèse a pour objet l'étude de la trajectoire sociohistorique d'un grand projet technologique (GPT). Plus particulièrement, elle s'intéresse au projet de mise en service par l'entreprise publique Énergie Atomique du Canada Limitée (ÉACL) de deux réacteurs nucléaires, les MAPLE, destinés à la production de radio-isotopes essentiels pour la pratique de la médecine nucléaire. Censés entrer en opération en 2000, les deux réacteurs ont été définitivement mis à l'arrêt huit ans plus tard, en mai 2008, après qu'ÉACL eut tenté sans succès de les faire fonctionner selon les exigences réglementaires de l'industrie nucléaire canadienne. Pour justifier sa décision d'abandonner le projet MAPLE, ÉACL a invoqué l'incapacité de ses ingénieurs à corriger une faille technique décelée dans le fonctionnement des réacteurs en 2003, ainsi que l'accumulation des coûts associés aux travaux de réparation.

Une analyse sommaire des différents enjeux entourant la mise en service des réacteurs MAPLE démontre néanmoins que la dimension technique à elle seule ne suffit pas à expliquer la trajectoire de ce GPT. Ce constat est étayé par le fait que la décision d'abandonner le projet MAPLE a été prise alors même qu'un plan de résolution technique était à un stade avancé d'exécution. De plus, il est impossible de dissocier l'échec des réacteurs MAPLE du contexte plus large de 'crise des isotopes'[1] qui prévaut au Canada et dans le monde, entre 2007 et 2011. Cet état de 'crise' renvoie à un risque de pénurie mondiale d'isotopes médicaux, suite à des interruptions répétées de la production dans un autre réacteur nucléaire canadien, le NRU, et l'absence de

[1] Jatin Nathwani et Donald Wallace (dirs.), *Canada's Isotope Crisis. What Next?*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2010.

sources de production alternative pour le suppléer[2]. Loin d'être conjoncturelle, la situation du NRU découle en grande partie de la structure même de l'industrie canadienne des isotopes, qui a été historiquement façonnée par les mêmes facteurs politiques et économiques ayant influencé la trajectoire du projet MAPLE.

Pour comprendre les raisons de l'abandon de ce projet, il faut donc pouvoir en restituer plusieurs dimensions, qu'elles soient techniques, commerciales ou politiques, ainsi que les relations d'influences mutuelles entretenues par ces dimensions dans le temps. Premièrement, pour saisir les caractéristiques techniques qui ont déterminé la trajectoire du projet, il faut s'intéresser à la genèse technologique des réacteurs MAPLE. Si celle-ci s'inscrit en partie dans la lignée des réacteurs de recherche construits dans le passé par ÉACL, elle n'en comporte pas moins une part importante d'innovation par rapport aux savoirs traditionnellement maîtrisés par l'entreprise. Deuxièmement, rendre compte de la dimension économique et commerciale du projet nécessite d'analyser la manière dont la restructuration de l'industrie des isotopes, au tournant des années 1990, a permis d'y redéfinir la répartition des coûts et des profits entre acteurs publics et privés. Troisièmement, restituer la dimension politique du projet requiert, d'une part, d'étudier l'évolution des relations institutionnelles entre ÉACL et le gouvernement fédéral et, d'autre part, d'explorer les ramifications internationales du projet MAPLE, aux États-Unis en particulier, pays qui constitue le principal marché pour les isotopes médicaux produits au Canada.

Un dernier facteur dont il faut également tenir compte pour saisir la trajectoire du projet MAPLE est l'importance sociale que revêt l'activité de production et de commercialisation des isotopes médicaux. En effet, l'isotope le plus répandu en médecine nucléaire, le technétium-99m (Tc-99m), a longtemps été majoritairement

---

[2] Mohamed Zakzouk, « La pénurie d'isotopes médicaux en 2009 et 2010: cause, effets et considérations futures », Publication no. 2009-04-F, Bibliothèque du Parlement, 2010. Disponible sur: https://lop.parl.ca/Content/LOP/ResearchPublications/2009-04-f.pdf, consulté le 12 juin 2017.

produit par ÉACL dans son réacteur de recherche NRU. Utilisé en imagerie nucléaire médicale, le Tc-99m intervient annuellement dans plus de 40 millions de procédures à travers le monde, dont 20 millions aux États-Unis et 10 millions en Europe[3]. Au Canada, il est utilisé chaque jour dans près de 5500 scans pour diagnostiquer diverses maladies, dont plusieurs types de cancers. Jusqu'en octobre 2016, le NRU répondait à près de 40% de la demande mondiale en Tc-99m, les deux réacteurs MAPLE étant supposés prendre sa relève dans les décennies suivantes. ÉACL et le Canada occupaient ainsi une place prépondérante dans le système d'approvisionnement mondial en Tc-99m. Par conséquent, la pérennité de la production canadienne d'isotopes médicaux constitue non seulement un enjeu économique important mais aussi, et surtout, une question de santé publique globale qu'ÉACL et le gouvernement fédéral devaient nécessairement prendre en considération lors des prises de décisions qui ont affecté le projet MAPLE.

C'est l'influence et l'interaction de l'ensemble des facteurs hétérogènes évoqués plus haut qui permet de rendre entièrement compte de la trajectoire sociohistorique des réacteurs MAPLE. Pour reprendre une idée empruntée par Pierre Lascoumes à l'historien Gilbert Simondon, cette trajectoire ne sera pas simplement abordée dans cette thèse comme l'échec de la concrétisation d'une innovation technologique, mais plutôt comme un processus « dynamique, souvent chaotique, de mise en convergence d'informations, d'adaptation à des contraintes et d'arbitrage entre des voies de développement divergentes »[4].

En proposant une analyse sociohistorique des divers facteurs ayant influencé la trajectoire des réacteurs MAPLE, cette thèse entend apporter en premier lieu une

---

[3] Communiqué du World Nuclear Association, « Radioisotopes in medicine ». Disponible sur: http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-medicine.aspx, consulté le 15 juin 2018.

[4] Pierre Lascoumes, « La Gouvernementalité: de la critique de l'État aux technologies du pouvoir », *Le Portique*, vol. 13-14, 2004, p. 6.

contribution aux études sur le développement technologique et industriel nucléaire au Canada. Depuis la thèse de Ian Slater traitant de l'histoire du réacteur SES, développé par ÉACL dans les années 1980[5], la plupart des études ayant abordé la question de l'énergie nucléaire au Canada se sont plutôt intéressées à ses dimensions extra-techniques. Ainsi, plusieurs études ont récemment été consacrées aux mouvements sociaux d'opposition aux projets nucléaires, abordant notamment les controverses entourant la gestion et l'enfouissement des déchets radioactifs[6]. D'autres travaux ont étudié le développement industriel nucléaire canadien d'un point de vue politique et commercial, traitant par exemple des politiques fédérales d'exportation ou de l'appropriation du nucléaire par les gouvernements provinciaux, mais sans nécessairement faire le lien avec sa dimension technologique[7]. La synthèse des enjeux technologiques, politiques, socioéconomiques et commerciaux du développement nucléaire au Canada constitue donc l'un des objectifs de cette thèse, qui s'inscrit de ce point de vue dans la lignée de certains travaux ayant déjà adopté cette voie[8]. Ainsi, les

---

[5] Ian Slater, *The Bungling Giant: Atomic Energy Canada Limited and Next-Generation Nuclear Technology, 1980-1994*, Thèse de doctorat, Toronto, Université de Toronto, 2003.

[6] Voir par exemple: Michael D. Mehta, *Risky Business: Nuclear Power and Public Protest in Canada*, Lanham, Lexington Books, 2005; Darrin Durant, « Resistance to Nuclear Waste Disposal: Credentialed Experts, Public Opposition and their Shared Lines of Critique », *Scientia Canadensis*, vol. 30, no. 1, 2007, pp. 1-30; Genevieve Fuji Johnson, *Deliberative Democracy for the Future: The Case of Nuclear Waste Management*, Toronto, University of Toronto Press, 2008; Mark Leeming, « The Creation of Radicalism: Anti-Nuclear Activism in Nova Scotia, c 1972-1979 », *The Canadian Historical Review*, vol. 95, no. 2, 2014, pp. 217-241.

[7] Duane Bratt, *The Politics of CANDU Exports*, Toronto, University of Toronto Press, 2006; Adrian Kelly Egbers, *Going Nuclear: The Origins of New Brunswick's Nuclear Industry, 1950-1983*, mémoire de maîtrise, Halifax, Dalhousie University, 2008; Ian Slater, « The Taegeukgi and the Maple Leaf: The Pursuit of South Korean Export Markets by Atomic Energy Canada Limited », *Scientia Canadensis*, vol. 32, no. 2, 2009, pp. 47-79; Duane Bratt, *Canada, The Provinces and the Global Nuclear Revival*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2012; Mahdi Khelfaoui, « Le nucléaire dans la stratégie énergétique du Québec, 1963-2012 », *Scientia Canadensis*, vol. 37, no. 1-2, 2014, pp. 105-132.

[8] Yves Gingras et Michel Trépanier, « Constructing a Tokamak: Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources », *Social Studies of Science*, vol. 23, no. 1, 1993, pp. 3-36; Ian Slater, « To Market, to Market: Innovation, Canada's Nuclear Industry, and the Case of the Nuclear Battery », *Journal of Canadian Studies*, vol. 46, no. 1, pp. 75-111; Yves Gingras et Mahdi Khelfaoui, « La centrale nucléaire Gentilly-1: La trajectoire imprévisible d'une innovation technologique avortée », *Revue d'histoire de l'Amérique française* , vol. 67, no. 1, 2013, pp. 57-81.

rapports entre recherche et développement (R&D) et activités commerciales d'ÉACL, l'impact de la réglementation nucléaire canadienne sur la conduite des grands projets ou la perception politique du risque technologique nucléaire seront autant de thèmes abordés dans cette thèse.

L'analyse de la trajectoire du projet MAPLE, en illustrant le déclin du pouvoir décisionnaire et de l'autonomie relative d'ÉACL vis-à-vis du gouvernement fédéral, permet également à cette thèse d'apporter une contribution originale à l'étude des relations entre l'État canadien et ses entreprises technologiques. Les travaux historiques consacrés aux entreprises du gouvernement fédéral, aussi appelées compagnies de la Couronne, restituent bien le type d'activités technologiques et industrielles qui y étaient conduites, tout en dressant les portraits des personnalités influentes (ingénieurs, scientifiques, gestionnaires) qui en ont marqué l'essor[9]. Cependant, la plupart de ces travaux proposent une analyse centrée sur l'entreprise et se situent rarement dans une perspective croisée prenant en compte le point de vue gouvernemental. Les relations entretenues par les entreprises technologiques publiques avec leurs ministères de tutelle sont donc rarement décrites et, à quelques exceptions près[10], encore moins de place est accordée à l'état de ces relations après la fin des années 1970, où les archives disponibles deviennent plus rares et difficiles d'accès. En s'intéressant à l'impact des politiques fédérales de rationalisation et de privatisation, introduites dans les années 1980, sur les capacités technologiques et stratégiques

---

[9] Pour les entreprises publiques œuvrant dans le secteur nucléaire, voir: Robert Bothwell, *Eldorado: Canada's National Uranium Company*, Toronto, Toronto University Press, 1984; Robert Bothwell, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal, Édition de l'Arc, 1988; Paul Litt, *Isotopes and Innovation. MDS Nordion's First Fifty Years*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2000; Ruth Fawcett, *Nuclear Pursuits. The Scientific Biography of Wilfrid Bennett Lewis*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 1994.

[10] Voir: John Erik Fossum, *Oil, the State, and Federalism. The Rise and Demise of Petro-Canada as a Statist Impulse*, Toronto, University of Toronto Press, 1997; Matthew Bellamy, *Profiting the Crown: Canada's Polymer Corporation 1942-1990* Montréal, McGill-Queen's University Press, 2005.

d'ÉACL dans le secteur industriel des isotopes médicaux, cette thèse contribue à combler une partie de cette lacune dans la littérature.

Le troisième objectif de cette thèse est de proposer une explication de la 'crise des isotopes', et du risque de pénurie mondiale de Tc-99m qui persiste à nos jours[11]. L'explication proposée dépasse le simple cadre de la défaillance d'une grande infrastructure technologique, celle du réacteur nucléaire NRU qui est concomittante à l'abandon du projet MAPLE. La mise à jour des racines sociohistoriques de la 'crise des isotopes' permet plutôt de l'interpréter comme un échec de politique publique où ÉACL et le gouvernement fédéral n'ont pas su réconcilier les enjeux économiques, sécuritaires et sanitaires inhérents au marché et à l'industrie des isotopes médicaux. Dans ce contexte, cette thèse décrit en premier lieu les conséquences à long terme de la privatisation de la Société radiochimique en 1991 sur la restructuration du marché des isotopes médicaux au Canada, ainsi que la manière dont la nouvelle configuration du rapport entre production et commercialisation a formé, près de 20 ans plus tard, l'un des éléments constitutifs de la 'crise des isotopes'. L'évolution des politiques américaines de non-prolifération nucléaire et leur impact sur la viabilité du système de production canadien d'isotopes médicaux est également évalué sous cet angle. En effet, il est démontré que l'évolution de la perception états-unienne du risque nucléaire associé à la production du Mo-99 canadien, représente non seulement un facteur important dans la décision d'abandonner le projet MAPLE mais qu'elle remet en cause l'ensemble du système de production des radio-isotopes d'ÉACL. À ce titre, les investissements fédéraux accordés ces dernières années au développement des accélérateurs linéaires et des cyclotrons comme sources de production alternatives aux réacteurs nucléaires illustrent, de par les caractéristiques mêmes de cette nouvelle

[11] Communiqué de l'Agence internationale de l'énergie atomique, « Supplies of Key Medical Isotopes Stable, but Vulnerabilities Remain », 22 septembre 2017. Disponible sur: https://www.iaea.org/newscenter/news/supplies-of-key-medical-isotopes-stable-but-vulnerabilities-remain, consulté le 15 juin 2018.

option technologique, les vulnérabilités du système de production précédent qui ont mené à la situation de crise.

0.1 Problématique et revue de littérature

Comme notre thèse traite de la réalisation d'un GPT par une entreprise étatique, notre problématique de recherche se construit autour de deux axes principaux: d'une part, la définition de ce qu'est un GPT et l'analyse de ses caractéristiques, et d'autre part, la description du rôle technologique, économique et politique joué par les grandes entreprises publiques, de leurs sources d'autonomie institutionnelle ainsi que l'évolution de leurs relations aux gouvernements, leurs principaux et souvent uniques actionnaires.

0.1.1 Les GPT et leurs caractéristiques

Les GPT publics peuvent être définis comme des programmes d'action menés directement ou indirectement par l'État dans le but de mettre sur pied des infrastructures technologiques de grande envergure. Ces infrastructures constituent la réalisation concrète d'une politique publique, définie comme un processus à travers lesquels l'État, ou son mandataire, élabore les représentations qu'il se donne du réel[12]. Pour Philippe Faucher, les GPT se définissent par cinq critères relevant de dimensions tant techniques que sociales: la taille, l'indivisibilité, le risque, l'exclusivité et l'impact structurant[13]. Les GPT se distinguent premièrement par l'importance de l'investissement matériel et humain qui leur est consacré, ainsi que par l'ampleur des infrastructures qui en résultent. Cette caractéristique peut découler de contraintes

---

[12] Pierre Muller, *Les politiques publiques*, Paris, Presses universitaires de France, 2014, p. 53.

[13] Philippe Faucher, « Comprendre l'innovation: une approche institutionnelle », dans Philippe Faucher (dir.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1999, pp. 36-41.

physiques ou matérielles, tout comme d'une forme d'organisation ou d'une orientation politique ou économique particulières[14]. Ainsi, les grands projets énergétiques, qu'ils soient nucléaires, pétroliers ou hydroélectriques, nécessitent des investissements qui se chiffrent généralement en plusieurs centaines de millions de dollars et visent à exploiter des installations lourdes (barrages hydroélectriques, centrales nucléaires, plateformes pétrolières), leur rentabilité reposant sur un principe de production massive et centralisée. Mais les choix technologiques impliquant des infrastructures de cette envergure comportent également une dimension symbolique, puisqu'ils peuvent être conditionnés par la volonté étatique de projeter une image de modernité et de consolider le sentiment d'identité nationale[15], une démarche parfois qualifiée de nationalisme technologique[16] qui a compté dans l'émergence des programmes nucléaires de plusieurs pays[17].

La seconde caractéristique des GPT est leur indivisibilité, comprise comme l'existence d'un seuil d'investissement économique élevé qu'il est indispensable de franchir avant d'espérer obtenir un résultat technologique ou commercial.

---

[14] *Ibid.*, p. 37.

[15] Paul Josephson, « 'Projects of the Century' in Soviet History: Large-Scale Technologies from Lenin to Gorbachev », *Technology and Culture*, vol. 36, no. 3, 1995; pp. 519-559; Gabrielle Hecht, « Technology, Politics and National Identity in France », dans Michael Thad Allen et Gabrielle Hecht (dirs.), *Technologies of Power. Essays in Honor of Thomas parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, Cambridge, MIT Press, 2001, pp. 253-293; Sulfikar Amir, « Nationalist Rhetoric and Technological Development: The Indonesian Aircraft Industry in the New Order Regime », *Technology in Society*, vol. 29, no. 3, 2007, pp. 283-293.

[16] Maurice Charland, « Technological Nationalism », *Canadian Journal of Political and Social Theory*, vol. 10, no. 1-2, 1986, pp. 196-219.

[17] Voir par exemple: Gabrielle Hecht, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge, MIT Press, 1998; Sheila Jasanoff et Sang-Huyn Kim, « Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea », *Minerva*, vol. 47, no. 2, 2009, pp. 119-146; Stuart W. Leslie, « Atomic Structures: The Architecture of Nuclear Nationalism in India and Pakistan », *History and Technology*, vol. 31, no. 3, 2015, pp. 220-242; Stéphane Savard, « L'énergie nucléaire au Québec: Débats politiques et conflits de représentations, 1963-1996 », *Revue d'histoire de l'Amérique française*, vol. 69, 2016, no. 3, p. 5-33.

L'indivisibilité renvoie aussi à l'idée du « tout ou rien », dans le sens où, pour ses promoteurs, le résultat d'un GPT est binaire: soit il aboutit à une réussite, soit à un échec. Comme le rappelle Faucher, « un grand projet ne peut pas être morcelé, il est par nature différent d'un ensemble de petits projets susceptibles d'être réalisés de façon indépendante »[18]. Dans cette thèse, cette caractéristique est ce qui distingue un projet centralisé tel que le MAPLE d'un réseau disséminé et indépendant d'accélérateurs ou de cyclotrons permettant une répartition de la production des isotopes médicaux à travers le pays. Des deux premières caractéristiques, la taille et l'indivisibilité, découle une troisième, l'incertitude. Cette dernière renvoie autant à l'incapacité d'une organisation à prévoir la trajectoire d'un GPT qu'à l'écart qui peut exister entre les connaissances qu'elle vise et celles qu'elle maîtrise déjà. Inhérente à tout GPT, l'incertitude entraîne des prises de décisions qui sont fondées sur un éventail d'informations nécessairement incomplet. Ainsi, une décision qui pouvait sembler judicieuse à un moment donné, peut s'avérer rédhibitoire pour la réussite d'un projet quelques mois ou années plus tard, en raison d'un changement de contexte politique, économique ou à la lumière de nouvelles avancées technoscientifiques. Par conséquent, en l'absence de données définitives pour trancher les débats, les prises de décision sont souvent le produit d'un processus de négociation ou d'un rapport de force dans lesquels les techniques d'évaluation et de projection peuvent être mobilisées de manière à favoriser une option technologique plutôt qu'une autre[19].

Du point de vue technologique et économique, l'incertitude d'un GPT est directement liée au degré d'innovation qu'il incorpore et renvoie à l'impossibilité d'établir *a priori* la faisabilité technique d'un projet ou d'un produit, son coût de

---

[18] Faucher, *op. cit.*

[19] Voir par exemple la tentative de développement d'une industrie solaire menée par le gouvernement federal après le premier choc pétrolier: Henry Trim, « Brief Periods of Sunshine: A History of the Canadian Government's Attempt to Build a Solar Heating Industry, 1974-1983 », *Scientia Canadensis*, vol. 34, no. 2, 2011, pp. 29-49.

développement, ainsi que son potentiel commercial[20]. L'incertitude ne réside pas seulement dans l'incapacité à prévoir l'échec ou la réussite d'un projet, mais également dans la difficulté à anticiper les impacts sociaux d'innovations dont la faisabilité technique a par ailleurs été établie[21]. De ce fait, l'incertitude ne dépend pas uniquement de considérations techniques ou de projections économiques mais également de l'environnement social et institutionnel du projet. Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'envergure d'un projet a également un impact direct sur son degré d'incertitude, puisque l'on retrouve plus souvent des cas d'échecs dans les GPT, peu propices aux morcellements en des sous-projets indépendants. Malgré les efforts de planification, les dépassements de coûts sont également légion dans les grands projets nucléaires, ce qui témoigne une nouvelle fois du haut degré d'incertitude qu'ils incorporent[22]. Cette caractéristique est visible même dans un programme tel que celui de la France, qui avec son centralisme bureaucratique, son haut degré de standardisation et la stabilité de son système de réglementation offre pourtant un terreau particulièrement favorable à une bonne maîtrise des grands projets nucléaire[23].

Une quatrième caractéristique des GPT est leur exclusivité. De par leur taille et les enjeux cognitifs, politiques ou commerciaux qu'ils mobilisent, les GPT empêchent en effet la réalisation de projets ou l'émergence de technologies concurrentes. La

---

[20] Richard Nelson et Sidney Winter, « In Search of Useful Theory of Innovation », *Research Policy*, vol. 6, no. 1, 1977, p. 51.

[21] Nathan Rosenberg, « Uncertainty and Technological Change », dans Ralph Landau, Thimoty Taylor et Gavin Wright (dirs.), *The Economic Impact of Knowledge*, Stanford University Press, 1996, pp. 91-125.

[22] Jessica Lovering, Arthur Yip et Ted Nordhaus, « Historical Construction Costs of Global Nuclear Power Reactors », *Energy Policy*, vol. 91, 2016, pp. 371-382.

[23] Arnulf Grubler, «The Costs of the French Nuclear Scale-Up: A Case of Negative Learning by Doing », *Energy Policy*, vol. 38, no. 9, 2020, pp. 5174-5188; Lina Escobar et François Levêque, « Revisiting the Cost Escalation Curse of Nuclear Power: New Lessons from the French Experience », Interdisciplinary Institute for Innovation, Working Paper 12-ME-08, 2012. Disponible sur: https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00780566/document, consulté le 11 juillet 2018.

caractéristique d'exclusivité peut être mieux explicitée par la notion de paradigme technologique définie par l'économiste Giovanni Dosi comme un modèle de solutions technologiques choisies pour résoudre un problème donné, qui de par ses propriétés et son environnement sociotechnique impose un cadrage bien défini à la direction du processus d'innovation et lui confère par conséquent un effet d'exclusion[24]. Dans cette thèse, nous verrons ainsi que la production des isotopes médicaux, basée sur la technologie des réacteurs nucléaires tels que le MAPLE, reposait sur des postulats sociotechniques qui ont longtemps rendu marginale celle des accélérateurs linéaires et des cyclotrons. Ce n'est qu'à la faveur de l'émergence d'un nouveau contexte politique et socioéconomique que les caractéristiques techniques de la seconde option ont finalement pu s'imposer. L'effet d'exclusion, conjugué à la difficulté d'établir *a priori* la supériorité d'une trajectoire technologique sur une autre, ajoute à l'imprévisibilité du processus d'innovation, d'autant que, comme le souligne Faucher, les GPT sont souvent conçus autour d'un produit qui n'existe pas encore et représentent un bien pour une demande qui reste à définir ou qui sera rapidement appelée à évoluer[25].

Le caractère exclusif des GPT découle aussi de leur rigidité, dans la mesure où ceux-ci s'adaptent mal aux changements de contexte où à l'introduction de facteurs imprévus au départ du projet. La rigidité d'un projet peut donc conduire à des situations où des décisions prises à un instant t s'avèreront plus tard irréversibles[26]. Cette relation du présent au passé d'un GPT renvoie à la notion de dépendance au sentier, développée en premier lieu par les économistes de l'innovation[27]. Ces derniers assimilent

---

[24] Giovanni Dosi, « Technological Paradigms and technological Trajectories », *Research Policy*, vol. 11, no. 3, 1982, pp. 147-162.

[25] Faucher, *op. cit.*, p. 49.

[26] *Ibid.*, p. 41.

[27] Sur la notion de dependence au sentier, voir: Paul David, « Clio and the Economics of QWERTY », *The American Economic Review*, vol. 75, no. 2, pp. 332-337; Brian Arthur, « Competing Technologies, Icreasing Returns, and Lock-In by Historical Events », *The Economic Journal*, vol. 99,

l'évolution dynamique de la trajectoire d'une technologie à un arbre où à chaque branche, l'agent économique est confronté à un nouveau choix technique. Si au début, chaque cas est assez largement aléatoire, une fois qu'une solution a été retenue par un grand nombre d'acteurs, l'accumulation des apprentissages la rend relativement définitive. Cela mène à des situations où la solution finale adoptée n'est pas, dans les termes de l'économie néoclassique, celle qui correspond au choix le plus rationnel ou optimal.

Dans une étude des grands réseaux électriques américains, l'historien Thomas P. Hughes a développé la notion de *technological momentum* qui rejoint celle de dépendance au sentier et que l'on pourrait traduire par l'inertie des systèmes technologiques[28]. Hughes représente les systèmes technologiques comme des structures complexes, hiérarchiquement emboitées et composées de sous-systèmes interdépendants communiquant par interface[29]. Les systèmes technologiques incorporent des éléments physiques (moteurs, turbines, vannes, etc.) et sociaux (textes législatifs, syndicats, emprunts bancaires, etc.) qui sont inter-reliées dans le processus de réalisation d'un GPT. Selon Hughes, les systèmes technologiques ont une vitesse de croissance leur conférant une dynamique qui les oriente dans une direction particulière. À leur naissance, ils sont plutôt influencés par des facteurs politiques ou sociaux car les choix techniques restent ouverts. Mais au fur et à mesure des prises de décisions, le système se verrouille et son évolution devient de plus en plus tributaire des choix opérés par le passé. La résistance grandissante aux changements ou aux bifurcations de

---

no. 394, 1989, pp. 116-131; Robin Cowan, « Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in », *Journal of Economic History*, vol. 50, no. 3, pp. 541-567.

[28] Thomas P. Hughes, « Technological Momentum », dans Merrit Roe Smith et Leo Marx (dirs.), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, MIT Press, 1994, pp. 101-114.

[29] Thomas P. Hughes, « The Evolution of Large Technological Systems », dans Wiebe Bijker, Thomas P. Hughes et Trevor J. Pinch (dirs.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MIT Press, 1987, pp. 51-82.

trajectoires, alors que le système arrive à maturité, imposerait alors aux acteurs de subir le poids de la technique: « As they grow larger and more complex, systems tend to be more shaping of society and less shaped by it »[30]. Comme le rappelle Hughes, l'inertie des systèmes technologiques est une notion qui se situe donc à mi-chemin entre déterminisme technologique et le constructivisme social des technologies.

La notion de dépendance au sentier doit également intégrer tout ce qui relève du poids des routines organisationnelles, des normes ou des croyances qui guident les pratiques des acteurs durant la réalisation d'un GPT. L'étude du cadre institutionnel où se réalisent les GPT permet justement de restituer les moyens dont disposent les acteurs pour orienter leurs décisions et de mettre à jours les croyances ou les intérêts conditionnant les choix technologiques qu'ils expriment. Ainsi, l'accent mis sur la technique dans la définition de la dépendance au sentier doit être complété par une dimension organisationnelle qui puisse inclure une « synthèse de l'expérience accumulée sous forme d'apprentissage [tendant] à verrouiller les possibilités de changement en rigidifiant progressivement les croyances des acteurs »[31].

Le cinquième critère définissant un GPT est son impact structurant. En effet, le choix d'une technologie va non seulement conditionner les rapports à l'interne de l'organisation qui réalise le projet mais aussi ses relations extérieures, par exemple avec ses fournisseurs ou ses clients[32]. À l'interne, un choix technique peut favoriser *de facto* un groupe d'individus dotés de l'expertise qui correspond aux caractéristiques de la technologie en question. À l'échelle nationale, il peut être un moyen de favoriser le développement d'un secteur industriel ou d'acquérir un nouveau savoir-faire qui positionnerait l'organisation dans une position favorable par rapport à la concurrence

---

[30] Hughes, « Technological Momentum », *op. cit.*, p. 112.

[31] Muller, *op. cit.*, p. 66.

[32] *Ibid.*, p. 38.

internationale[33]. Dans son analyse du développement de l'industrie nucléaire canadienne, Kevin Fitzgibbons explique que les choix stratégiques opérés au début des années 1960 lors de la construction des premiers réacteurs canadiens en Ontario ont déterminé le développement de l'industrie nucléaire canadienne sur deux plans: premièrement, sur le plan technologique, elles ont orienté la filière canadienne vers des réacteurs modérés et refroidis à l'eau lourde. Deuxièmement, elles ont établi la structure de l'organisation industrielle qui a permis le transfert technologique direct, d'ÉACL vers Ontario-Hydro, de la technologie des réacteurs canadiens, en écartant au passage le secteur industriel privé des choix techniques et en le réduisant au rôle secondaire d'exécutant ou de fournisseur[34].

Finalement, la dimension temporelle est incontournable dans la caractérisation des GPT, puisque ceux-ci se déroulent généralement à l'échelle de plusieurs années, voire de plusieurs décennies. Le prolongement d'un projet dans le temps augmente les chances de brouillage et d'intervention de facteurs imprévus sur sa trajectoire. Certaines études ont en effet montré que les GPT obéissent rarement à une planification linéaire et à une succession logique d'actions coordonnées[35]. La prise en compte de la contingence est également cruciale pour comprendre l'évolution des GPT, qui ont tendance à montrer « un enchevêtrement de dynamiques temporelles, de rationalités techniques, de veto politiques et d'interactions relativement aléatoires »[36]. Il faut ainsi

---

[33] Voir pour le cas du développement hydroélectrique au Québec: Jorge Niosi et Philippe Faucher, « Les marchés publics comme instruments de développement industriel: le cas d'Hydro-Québec », *Recherches sociographiques*, vol. 28, 1987, pp. 9-28.

[34] Kevin Fitzgibbons, « Le CANDU et l'industrie nucléaire canadienne », dans Philippe Faucher (dir.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1999, p. 125-164. Sur la marginalisation de l'industrie privée dans le développement de la technologie nucléaire canadienne, voir également: Bruce G. Doern, *Government Intervention in the Canadian Nuclear Industry*, Montréal, The Institute for Research on Public Policy, 1980, pp. 99-120.

[35] Gingras et Khelfaoui, *op. cit.*; Yves Gingras et Michel Trépanier, « Le Tokamak de Varennes et le programme canadien de fusion nucléaire: anatomie d'une décision », *Recherches Sociographiques*, vol. 30, no. 3, 1989, pp. 421-446.

[36] Pierre Lascoumes et Patrick Le Galès, *Sociologie de l'action publique*, Paris, Armand Colin, 2007, p. 52.

distinguer dans un GPT, ce qui relève du temps institutionnel de ce qui relève du temps évènementiel. Comme le rappelle le sociologue Claude Dubar, le temps institutionnel est un temps « structuré, organisé, planifié des institutions ». Il repose sur des routines et des procédures définies dans la durée et le temps long. Le temps évènementiel renvoie plutôt à un « régime de l'urgence », dans la mesure où il n'est « ni prévisible, ni planifiable, mais foncièrement réactif et contingent [...] Il relève surtout du bricolage, de l'inventivité et de la mobilisation dans l'instant »[37]. L'identification des évènements de la seconde catégorie est particulièrement cruciale pour saisir les bifurcations ou les moments pivots des trajectoires de GPT.

La trajectoire d'un GPT comme celui des réacteurs MAPLE est constituée de « temporalités », comprises comme des séquences d'évènements s'inscrivant dans le temps du projet, qui peuvent être divisées en quatre catégories: technique, réglementaire, gestionnaire et politique[38]. Ces quatre types de temporalités s'enchevêtrent, s'influencent et se conditionnent mutuellement. À des rythmes différents, elles décrivent la cadence d'ensemble de la trajectoire du projet[39]. Elles varient par les relations dynamiques entre acteurs qu'elles font intervenir et par l'intensité des contraintes qu'elles exercent sur la trajectoire du projet. La temporalité technique renvoie au temps de la conception et de la R&D, mais aussi du travail d'ingénierie, des travaux de chantier et des études complémentaires qu'il faut réaliser

---

[37] Claude Dubar, « Régimes de temporalité et mutation des temps sociaux », *Temporalités*, no.1, 2004, p. 120.

[38] Cette catégorisation s'inspire des trois types de temporalités (professionnelle, sociétale et gestionnaire) structurant les projets de recherche technoscientifiques, définies par le sociologue Philippe Brunet. Voir: Philippe Brunet, « Temporalités dans la recherche biomédicale : la science au travail saisie par le temps », *La nouvelle revue du travail*, no. 1, 2012, pp. 1-19. Dans un autre article, Brunet et Dubois évoquent un autre type de temporalité, la temporalité normative, que nous appelons ici normativité réglementaire. Voir Philippe Brunet et Michel Dubois, « Cellules souches et technoscience : sociologie de l'émergence et de la régulation d'un domaine de recherche biomédicale en France », *Revue française de sociologie*, vol. 53, no. 3, 2012, pp. 391-428.

[39] Brunet et Dubois, *op. cit.*, p. 395.

lorsque le projet fait face à un obstacle où une défaillance technique imprévus. La temporalité réglementaire, ou normative, renvoie à l'ensemble des démarches à accomplir par le projet pour se conformer à aux lois ou aux normes qui réglementent l'activité technologique ou industrielle dans laquelle s'inscrit le projet. Dans le cas des MAPLE, il s'agit bien sûr des règlements de l'industrie nucléaire canadienne qui exercent un contrôle non seulement sur l'activité de production et de commercialisation des radio-isotopes mais également sur les étapes de construction d'un réacteur nucléaire et sur la sûreté de son fonctionnement. La temporalité gestionnaire concerne les évènements relatifs à l'administration du projet et à la planification de son déroulement en jalons successifs, aux contraintes des échéanciers et des budgets. Finalement, la temporalité politique concerne les enjeux extra techniques mobilisés par le projet ainsi que le contexte social et politique, interne ou externe, dans lequel il se déroule. Dans notre cas, il faudra par exemple étudier l'influence qu'a eue la privatisation de la branche commerciale des isotopes d'ÉACL par le gouvernement fédéral sur la conduite du projet MAPLE, tout comme les relations structurant les activités de R&D et les activités commerciales au sein de l'entreprise.

0.1.2 Prises de décisions dans les GPT

Un des aspects les plus abondamment couverts dans la littérature sur les grands programmes scientifiques et technologiques est celui des processus menant aux prises de décision qui déterminent leur création, leur orientation ainsi que les choix des appareils ou des filières technologiques qui y sont développés[40]. Le trait commun à ces

[40] Voir par exemple: Joan Lisa Bromberg, « TFTR: The Anatomy of a Programme Decision », *Social Studies of Science*, vol. 12, no. 4, 1982, pp. 559-583; Dominique Pestre, « Comment se prennent les décisions de très gros équipements dans les laboratoires de 'science lourde' contemporains. Un récit suivi de commentaires », *Revue de synthèse*, no. 1, janvier-mars 1988, pp. 97-130; Yves Gingras et Michel Trépanier, *op. cit.*; Dominique Pestre, « The Decision-Making Processes for the Main Particle Accelerators Built Throughout the World from the 1930s to the 1970s », *History and Technology*, vol. 9, no. 1, 1992, pp. 163-174; Léa Velho et Osvaldo Pessoa, « The Decision-Making Process in the Construction of the Synchrotron Light National Laboratory in Brazil », *Social Studies of Science*, vol. 28, no. 2, 1998, pp. 195-219; Howard McCurdy, *The Space Station Decision: Incremental Politics and*

travaux est le rejet de la théorie du choix rationnel consistant à analyser les processus décisionnels comme la recherche par un acteur ou un groupe homogène (l'État, une entreprise technologique ou un laboratoire de recherche) de la solution la plus conforme à l'intérêt qu'il défend ou promeut. Cette critique de la théorie du choix rationnel repose sur le rejet de trois postulats: qu'il existe en toutes circonstances un critère objectif de décision accessible aux acteurs du projet, que les préférences de ces derniers sont stables et explicites, que toutes les alternatives possibles leurs sont connues[41]. Bien que la théorie du choix rationnel renvoie l'image d'une action cohérente et d'intérêts homogènes, trois aspects y donnent particulièrement matière à critique: la linéarité, la rationalité et la liberté des acteurs[42].

La linéarité consiste à concevoir les décisions affectant le déroulement d'un GPT comme une succession logique d'étapes qui débute par l'émergence d'un problème ou d'un besoin, se poursuit par la sélection du projet le plus optimal parmi diverses possibilités pour y répondre, sa réalisation matérielle et s'achève par l'exploitation ou la commercialisation du produit résultant. Postuler que les GPT se déroulent de façon linéaire revient à considérer que le processus d'innovation technologique suit le même chemin, procédant par étapes successives: recherche fondamentale, recherche appliquée, développement technologique et production commerciale. Cette vision a été contestée, notamment par les travaux constructivistes en sociologie des technologies et de l'innovation qui, d'une part, montrent que l'innovation technologique résulte d'un processus social de négociation entre différents groupes d'acteurs aux intérêts divergents et, d'autre part, que le modèle linéaire de l'innovation ne résiste pas à

Technological Choice, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2007.

[41] Yves Meny et Jean-Claude Thoenig, *Les politiques publiques*, Paris, Presses universitaires de France, 1989, p. 207.

[42] Lucien Sfez, *Critique de la décision*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1976. Voir aussi: Mathieu Ferrière, « Les principales critiques de la théorie du choix rationnel », *Idées économiques et sociales*, vol. 3, no. 165, 2011, pp. 37-45.

l'examen empirique[43]. L'étude du déroulement du projet nucléaire Gentilly-1 montre par exemple que ces étapes peuvent non seulement se chevaucher mais que l'on peut revenir en arrière au gré de circonstances politiques ou techniques qui ne sont pas d'avance prévisibles[44].

Le postulat de la rationalité, reprenant le modèle de l'*homo economicus*, veut que les prises de décision s'opèrent sur des critères maximisant le bien-être et l'intérêt personnel. Cela revient à dire que les acteurs en présence sont capables d'établir un ordre de préférence, de comparer l'utilité des différentes options qui s'offrent à eux et de choisir celle qui correspond le mieux à cet ordre. Or, une étude telle que celle du programme national de fusion nucléaire canadien a montré les limites de ce postulat, en décrivant par exemple les étapes qui ont mené à la construction d'un appareil à confinement magnétique alors que le domaine jugé au départ scientifiquement crucial était le confinement inertiel[45]. En réalité, la plupart des grandes décisions d'un GPT, même lorsqu'elles paraissent *a priori* anodines, constituent souvent l'aboutissement d'un processus. Elles ne sont pas réductibles à un évènement pouvant être singulièrement pointé dans le temps ni rattaché à un groupe unique de décideurs. Comme le rappellent à juste titre Gingras et Trépanier, la trajectoire d'un GPT est le produit d'une « dynamique décisionnelle entre plusieurs parties aux intérêts divergents, [qui] est non seulement incertaine mais en partie contingente, car elle dépend de la capacité de chacun des participants à tirer profit de la conjoncture en adaptant ses

---

[43] Pour plusieurs études de cas, voir: Trevor Pinch et 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, 1984, pp. 399-441; Donald MacKenzie et Judy Wajcman (dirs), *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes, Open University Press, 1985; Wiebe Bijker, Thomas Hughes et Trevor Pinch (dirs), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MIT Press, 1987.

[44] Mahdi Khelfaoui, *Histoire de la centrale nucléaire Gentilly-1*, mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 2013.

[45] Michel Trépanier, *L'aventure de la fusion nucléaire. La politique de la « Big Science » au Canada*, Montréal, Boréal, 1995.

objectifs à la situation ou en recrutant de nouveaux alliés »[46]. Finalement, postuler que les acteurs ont une totale liberté de choix et d'action et se concentrer sur les préférences individuelles comme unité d'analyse des décisions dans les GPT revient à ignorer le poids des institutions dans ces processus, un poids qui se voit notamment dans le relatif degré d'autonomie dont disposent les agences ou les entreprises technologiques publiques vis-à-vis de l'État, du marché ou de groupes sociaux organisés.

0.1.3 Les entreprises technologiques publiques et leurs sources d'autonomie

Tout au long du 20ème siècle, les entreprises technologiques publiques constituent l'outil privilégié que se sont donnés les États pour réaliser des GPT. Elles doivent alors assumer un triple rôle, celui de centre de développement technologique et industriel, d'entreprise commerciale et d'instrument de politique publique. Ainsi, Dominique Finon définit-il les entreprises ou les agences technologiques publiques comme de grandes organisations autonomes, qui sont des agents de développement économique autant que des acteurs politiques[47]. Bien qu'elles soient des émanations étatiques, les entreprises technologiques publiques opèrent en relative autonomie des gouvernements. Comme la plupart des entreprises publiques, ce sont des organisations « at arm's lenght », ni complètement autonomes, ni totalement sous contrôle[48]. Au Canada, par exemple, les entreprises publiques, dont celles qui possèdent une orientation technologique, sont décrites comme des « case studies of policy

---

[46] Gingras et Trépanier, « Le Tokamak de Varennes », *op. cit.*, p. 441.

[47] Dominique Finon, *L'échec des surgénérateurs. Autopsie d'un grand progamme*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, 1989, p. 233.

[48] Luc Bernier et Luc Farinas, « Les Entreprises Publiques du Gouvernement du Canada », dans Robert Bernier (dir.), *L'espace canadien. Mythes et réalités*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2010, p. 404.

implementation without clear goal formulation »[49]. Au-delà de leur mission de service publique, elles font ainsi valoir des intérêts qui leurs sont propres, allant de la sécurisation de leurs budgets à la défense de leur image publique et de leur position institutionnelle. La situation privilégiée dont jouissent les entreprises technologiques publiques dans le champ politique et économique national est principalement imputable à trois facteurs qui constituent leur « capital institutionnel »[50].

Tout d'abord, ces entreprises se trouvent la plupart du temps en situation de monopole technologique dans les secteurs où elles opèrent. Il est en effet fréquent que la mise sur pied d'une entreprise technologique serve à combler un besoin ou à centraliser une expertise dans un domaine considéré stratégique par l'État, tel que l'aérospatial, l'énergie, les transports ou les communications[51]. L'expertise technique qui leur est propre leur permet peu à peu de s'affranchir de la tutelle de l'État qui ne dispose pas d'une capacité d'analyse équivalente. L'autonomie acquise grâce à l'expertise technique accumulée rend alors l'agence indispensable, voire irremplaçable. Par ailleurs, ces entreprises instrumentalisent l'image d'objectivité et de neutralité de la science pour légitimer leurs actions par « une grande consommation de modèles prévisionnels de long terme, de méthodes formalisées d'aide à la décision et de calculs économiques souvent précis au centime près, malgré les incertitudes »[52]. La situation de monopole technologique et commercial et l'accès aux ressources financières publiques contribuent à isoler l'entreprise des contraintes du marché, ce qui lui octroie les moyens de rechercher la virtuosité technologique et d'opter pour des voies technologiques novatrices et donc plus risquées que ce que le marché ne

---

[49] Luc Bernier, Patrice Dutil et Taieb Hafsi, « Policy Adrift: Canadian Crown Corporation in the 21st Century », *Annals of Public and Cooperative Economics*, à paraître, 2018, p. 2. Disponible sur: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/apce.12210, consulté le 12 juillet 2018.

[50] Faucher, *op. cit.*, pp. 52-53.

[51] *Ibid.*

[52] Finon, *op. cit.*, p. 242.

demanderait[53]. Enfin, la position privilégiée occupée par l'entreprise, de par sa proximité avec les instances étatiques, peut être exploitée par cette dernière comme une ressource pour influencer des décisions politiques en sa faveur.

Pour les entreprises technologiques publiques, la technologie peut devenir une fin en soi, après avoir été un moyen de servir les objectifs politiques qui leur ont été assignés par l'État[54]. Cette 'dérive' découle en partie du fait que parallèlement à leurs missions initiales de service public, les entreprises ont tendance à « prendre conscience de [leur] personnalité », avec le développement d'une tradition ou d'une culture d'entreprise propre et l'accumulation d'un capital économique et technologique importants[55]. Pour réduire cet écart, elles mettent alors en conformité les objectifs étatiques avec leurs propres visées technologiques, en jouant notamment sur les « grandes finalités étatiques traditionnelles »[56] d'autonomie, d'indépendance et de prestige national[57]. Elles savent également incorporer dans leur discours une dimension commerciale de conquête de marchés et de rentabilité économique lorsque les arguments d'autonomie technologique deviennent moins opératoires. Le politiste Pierre Muller, en prenant pour exemple le cas de l'entreprise Airbus, parle alors de

---

[53] *Ibid.*, p. 234-235. Un bel exemple est le choix opéré par Hydro-Québec au début des années 1960 de développer des lignes de transmission à 735 kV, alors que l'option à 525 kV était beaucoup moins risquée et coûteuse. Voir: Carl Caron, « De Manic-Outardes à la Baie James. La gestion des choix techniques à Hydro-Québec », dans Faucher (dir.), *op. cit.*, pp. 98-103.

[54] Finon, *op. cit.*, p. 235.

[55] Taieb Hafsi, « L'État en affaire: au-delà de l'idéologie », *Politiques et Management Public*, vol. 1, no. 2, 1983, pp. 78-79.

[56] Finon, *op. cit.*, p. 240.

[57] Pour un exemple, voir comment l'entreprise publique Électricité de France s'est appropriée un projet de développement de piles à combustible de manière à ce qu'il ne remette pas en cause son monopole de production et de distribution d'électricité. En orientant ce projet uniquement sur des applications de traction électrique, où les piles n'entraient en concurrence qu'avec les hydrocarbures, elle justifiait sa stratégie d'entreprise par la défense de l'intérêt national, invoquant notamment le thème de la fin de la dépendance au pétrole. Voir Michel Callon, « L'État face à l'innovation technique: le cas du véhicule électrique », *Revue française de science politique*, vol. 29, no. 3, 1979, pp. 426-447.

substitution de la norme de performance commerciale à celle de l'autonomie technologique et le passage d'un référentiel d'arsenal à un référentiel de marché[58].

Pour maintenir leur activité, les entreprises technologiques publiques créent et entretiennent également les besoins économiques et sociaux à long terme qui légitiment le développement de nouveaux projets technologiques[59]. C'est par exemple le cas d'Hydro-Québec qui, malgré l'abondance des ressources hydroélectriques, parvient dans les années 1970 à justifier son programme électronucléaire en mobilisant le contexte de crise pétrolière et en s'appuyant sur des projections de croissance de la consommation domestique d'électricité, qui s'avéreront plus tard trois fois supérieurs à la consommation réelle[60]. Finalement, les entreprises technologiques cherchent à contrôler l'environnement social des technologies qu'elles développent pour que celles-ci s'y intègrent sans difficulté au moment de leur mise en œuvre[61]. C'est ainsi que les industriels du nucléaire, incluant ÉACL, se sont saisis à la fin des années 2000 de la problématique du réchauffement climatique pour légitimer une 'renaissance' des activités de construction des centrales nucléaires, faibles émettrices de gaz à effet de serre[62].

0.1.4 Les entreprises nucléaires publiques et leurs relations à l'État

Les entreprises publiques œuvrant dans le secteur nucléaire actionnent des leviers similaires à ceux des autres entreprises technologiques publiques pour faire

---

[58] Pierre Muller, *Airbus, l'ambition européenne : logique d'État, logique de marché*, Paris, L'harmattan, 1989, pp. 220-221.

[59] Finon, *op. cit.*

[60] Mahdi Khelfaoui, *Histoire de la centrale nucléaire Gentilly-1*, *op. cit.*, pp. 110-111.

[61] Finon, *op. cit*, p.234.

[62] Benjamin Sovacool, *Contesting the Future of Nuclear Power: A Critical Global Assessment of Atomic Energy*, Hackensack, World Scientific, 2011; Duane Bratt, *Canada, the Provinces and the Global Nuclear Revival*, Montréal-Kingston, McGill-Queen's University Press, 2012.

valoir leur autonomie. Elles ont pourtant souvent tendance à être exagérément revêtues des apparats de la toute-puissance, leurs actions et intérêts étant souvent indistinctement associés et confondus à ceux des gouvernements. Le mythe rattaché au 'pouvoir' de l'atome, qui relève autant du rejet que de la fascination[63], ainsi que les secrets industriels et militaires qui, depuis le projet Manhattan, ont historiquement accompagné la création des programmes nucléaires nationaux ne sont pas étrangers à cet état de fait. La focalisation récente d'un nombre important d'études historiques ou sociologiques sur les groupes d'opposition à l'industrie nucléaire ou sur la gestion des conséquences écologiques de son activité contribue également à présenter une image schématique de deux blocs homogènes en confrontation.

Ainsi, dans son analyse historique de la gestion de la contamination radioactive du site de Port Hope en Ontario par la minière d'uranium fédérale Eldorado, la géographe Laura Pitkanen fait référence de manière récurrente aux manœuvres d'un « *nuclear state* », expression qui renvoie à la « structure techno-politique de l'industrie nucléaire qui lie inextricablement l'État à la technologie nucléaire et à ses produits »[64]. Le sociologue Ronald Babin, dans la première étude sur les mouvements antinucléaire au Canada évoque quant à lui un « establishment nucléaire », regroupement d'institutions comptant les industriels (ÉACL, l'industrie uranifère, ainsi que des fournisseurs secondaires privés regroupés en lobby au sein de l'Association nucléaire canadienne), l'instance de réglementation (la Commission canadienne de l'énergie atomique) et certains ministères fédéraux (Énergie, ressources et mines, Industrie et commerce), agissant de concert pour faire avancer les intérêts de l'industrie au sein de

---

[63] Spencer Weart, *The Rise of Atomic Fear*, Cambridge, Harvard University Press, 2012; John Krige, « Techno-Utopian Dreams, Techno-Political Realities: The Education of Desire for the Peaceful Atom », dans Michael D. Gordin, Helen Tilley et Gyan Prakash, *Utopia/Dystopia: Conditions of Historical Possibility*, Princeton, Princeton University Press, 2010, pp. 151-175.

[64] Laura Lynn Pitkanen, *A Hot Commodity: Uranium and Containment in the Nuclear State*, thèse de doctorat, Toronto, Université de Toronto, 2014, p. 36.

l'appareil étatique et pour neutraliser les critiques issues de la société civile[65]. Il en est de même dans un ouvrage plus récent consacré au « gouvernement de la critique nucléaire » en France, présenté par son auteure Sezin Topçu comme « une analyse historique de la tension entre atome et démocratie »[66], où l'usage du mot 'atome' renvoie au même plan l'action des gouvernements, des entreprises techno-industrielles et des instances publiques de réglementation de l'énergie nucléaire en France.

Les études qui ont dépeint le développement des industries nucléaires nationales sous le trait de la synergie et de la convergence des objectifs entre ses différents acteurs ont souvent pris pour contexte historique les périodes de l'après-guerre, de la Guerre froide ou des trente glorieuses. Ces périodes constituent certainement des moments favorables à l'expansion des programmes nucléaires, marqués par la reconstruction des identités nationales, l'État-providence, la croissance des économies et des besoins énergétiques, les rivalités militaires et la compétition technologique et industrielle entre nations. Les entreprises ou agences technologiques nucléaires jouissent alors autant d'un accès privilégié aux centres de décision du pouvoir que d'une autonomie qui les isole des perturbations de l'alternance politique. Par exemple, Lawrence Scheinman rappelle qu'à l'époque de sa création, en octobre 1945, le Commissariat à l'énergie atomique français ne dépend pas d'un ministre du pouvoir exécutif mais relève directement du Premier ministre, ce qui lui octroie une marge de manœuvre appréciable[67]. En Grande-Bretagne, l'Atomic Energy Agency

---

[65] D'après Babin, « une série de liens se sont créés avec le temps entre les principaux acteurs du secteur nucléaire; entre industriels, fonctionnaires et scientifiques, ces liens sont axés sur des intérêts communs inhérents au développement continu et croissant de l'énergie nucléaire ». Ronald Babin, *L'option nucléaire. Développement et contestation de l'énergie nucléaire au Canada et au Québec*, Montréal, Boréal, 1984, p. 82.

[66] Sezin Topçu, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris, Seuil, 2013, p. 231.

[67] Lawrence Scheinman, *Atomic Energy Policy in France under the Fourth Republic*, Princeton, Princeton University Press, 1965.

jouit jusqu'en 1971, année où elle est séparée en trois entités distinctes, d'une liberté presque totale de conduire ses projets de R&D à l'abri des contraintes budgétaires[68]. Même son de cloche au Canada où Robert Bothwell rappelle que, jusqu'en 1975, « aucun ministre n'était intervenu directement dans l'administration d'ÉACL depuis que C.D. Howe avait fait créer la société en 1952 »[69]. Bruce Doern rappelle de son côté que, jusqu'en 1975, les présidents successifs de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) étaient tous d'anciens cadres d'ÉACL. Le président de cette dernière et celui d'Eldorado siégeaient également en tant que commissaires de la CCEA, ce qui ne pouvait qu'avoir une influence négative sur l'indépendance réelle et perçue de l'instance de réglementation vis-à-vis des intérêts des industriels[70]. La concentration du secteur nucléaire canadien autour de quelques entreprises et le bassin de recrutement restreint encourageait également la circulation des mêmes employés entre ces différentes organisations et pouvait accentuer la perception d'un 'complexe atomique'[71] homogène.

La vision d'un 'establishment nucléaire' aux intérêts homogènes laisse cependant peu de place à une analyse plus nuancée des relations entre ministères gouvernementaux, instances de réglementation et entreprises commerciales où rapports de force et divergences de vue peuvent aussi émerger et influencer la direction ou l'élan du développement industriel nucléaire, voire même y mettre fin. Ces conflits peuvent d'ailleurs survenir au sein même de l'appareil techno-industriel, à l'instar du conflit décrit par Gabrielle Hecht dans les années 1950 entre les technocrates d'Électricité de

---

[68] Markku Lehtonen et Jenny Lieu, « The Rise and Fall of the Fast Breeder Reactor Technology in the UK: Between Engineering "Dreams" and Economic "Realities"? », rapport de recherche du SPRU, Université du Sussex, octobre 2011, p. 54.

[69] Robert Bothwell, *Nucléus, op. cit.*, p. 519.

[70] Bruce Doern, *La Commission de contrôle de l'énergie atomique*, Ottawa, Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1976, pp. 37-41.

[71] Bertrand Goldschmidt, *Le complexe atomique*, Paris, Fayard, 1980.

France et ceux du Commissariat à l'Énergie Atomique, où chaque institution est porteuse d'une filière technologique renforçant sa position hiérarchique dans le programme nucléaire français[72]. Un bel exemple de divergence d'intérêts entre une entreprise technologique nucléaire et son gouvernement est donné dans l'étude consacrée par Mark Winskel au déclin du programme nucléaire britannique à la fin des années 1980. Ce dernier montre bien comment la libéralisation des marchés de l'électricité en Grande-Bretagne est concomitante à la marginalisation de la filière nucléaire dans son programme électrique[73]. Face aux politiques du nouveau management public mises en place sous l'ère Thatcher, la mobilisation des instruments de 'gouvernement' des industriels nucléaires, rationalité économique et expertise technoscientifique, perdent ainsi de leur efficacité face à l'impératif de la rentabilité financière. Les centrales nucléaires se retrouvent alors déclassées par les centrales à gaz à cycle combiné, dans les préférences du ministère de l'Énergie et du distributeur d'électricité public[74].

L'analyse que nous faisons de la trajectoire du projet MAPLE repose en partie sur l'examen des relations entre ÉACL et le gouvernement fédéral à partir de la fin des années 1970, dont les ministères de l'Énergie, mines et ressources (ÉMR) ainsi que le ministère des Finances constituent les principaux points de liaison. Nous examinons en particulier la manière dont les politiques de rationalisation et de privatisation mises en place avant et durant les deux mandats du gouvernement conservateur de Brian Mulroney marquent la fin de l'autonomie relative dont pouvait auparavant jouir ÉACL

---

[72] Gabrielle Hecht, « Political Designs: Nuclear Reactors and National Policy in Postwar France », *Technology and Culture*, vol. 35, no. 4, 1994, pp. 657-685; Gabrielle Hecht, « Rebels and Pioneers: technocratic Ideologies and Social Identities in the French Nuclear Workplace, 1955-69 », *Social Studies of Science*, vol. 26, 1996, pp. 483-530.

[73] Mark Winskel, « Autonomy's End: Nuclear power and the Privatization of the British Electricity Supply Industry », *Social Studies of Science*, vol. 32, no. 3, 2002, pp. 439-467.

[74] Mark Winskel, « When Systems are Overthrown: The 'Dash for Gas' in the British Electricity Supply Industry », *Social Studies of Science*, vol. 32, no. 4, 2002, pp. 563-598.

dans la définition de ses objectifs stratégiques, notamment en ce qui a trait à la production industrielle des isotopes médicaux. Les interactions entre ÉACL et l'instance de réglementation, la CCEA (devenue la Commission canadienne de sûreté nucléaire [CCSN] en 2001), dans le cadre du projet MAPLE sont également examinées sans préjuger de l'existence d'une quelconque connivence entre les deux organisations. Il s'agit plutôt d'analyser la manière dont les rapports de force en présence orientent les prises de décision relatives à la conception du réacteur, celles-ci résultant de processus de négociations mettant justement en relief des objectifs et des intérêts différents. Dans cette même perspective, nous étudions l'émergence d'un acteur privé dans l'industrie canadienne des isotopes médicaux, l'entreprise MDS Nordion, dont la relation contractuelle avec ÉACL et les conflits récurrents qui en découlent influencent grandement les prises de décision dans le projet MAPLE.

0.1.5 La privatisation des entreprises technologiques au Canada

Au Canada, les entreprises publiques, qu'elles soient axées sur la production de produits technologiques ou sur d'autres biens et services, peuvent relever des gouvernements provinciaux ou du gouvernement fédéral. Les sociétés d'État fédérales, également appelées compagnies de la Couronne (en anglais *Crown Corporations*), sont créées soit par un acte spécial du parlement ou par incorporation sous le *Canada Business Corporations Act*. Depuis la création du Canadien National en 1919, elles ont largement été utilisées par l'État comme instruments de politique publique afin d'agir sur l'économie et l'industrie nationale, en particulier dans la période allant de la fin de la Seconde Guerre mondiale au début des années 1980[75]. Ces entreprises commerciales, créées ex-nihilo ou nationalisées, ont permis l'émergence, le développement ou la

[75] Robert Pritchard (dir.), *Crown Corporations in Canada: The Calculus of Instrument Choice*, Toronto, Butterworth and co., 1983. Aujourd'hui, les compagnies de la Couronne ont perdu le rôle d'instrument de politique publique privilégié qu'elles avaient naguère. Comme le soulignent Bernier, Dutil et Hafsi: « As policy and program instruments, the Crowns have vanished », *op. cit.*, p. 3.

consolidation de pans entiers de l'industrie canadienne, dans des secteurs tels que l'énergie, le transport ferroviaire, l'aéronautique ou les télécommunications. Les raisons de la création de nombreuses compagnies de la Couronne ont été présentées comme une combinaison de facteurs à la fois idéologiques et pragmatiques[76].

Idéologiques, car ces entreprises contribuaient, par leur mission de service public, à l'image d'un pays uni et au renforcement d'un sentiment d'identité nationale: le développement du réseau national de transport ferroviaire et, plus tard, des télécommunications sont des cas emblématiques de la construction d'un lien tant géographique que symbolique entre canadiens résidant d'« un océan à l'autre »[77]. Les réalisations technologiques de grande envergure des compagnies de la Couronne, tel le réacteur nucléaire CANDU ou l'avion de chasse Avro Arrow, malgré son abandon pour des raisons politiques[78], contribuaient aussi au prestige du Canada sur la scène internationale. Toutefois, le pragmatisme du gouvernement fédéral a également joué un rôle important dans la création des compagnies de la Couronne. Il fallait en effet pallier aux carences du secteur privé dans certains secteurs stratégiques, tels le transport ferroviaire, avec la nationalisation du Canadien National en 1919, ou répondre à des grands défis socio-économiques, comme la crise de l'énergie, avec la création de Pétro-Canada en 1976. Finalement, l'action des compagnies de la Couronne par le

---

[76] Sandford Borins, « World War Two Crown Corporations: Their Wartime Role and Peacetime Privatization », *Canadian Public Administration*, vol. 25, no. 3, 1982, pp. 380-404.

[77] Pour le réseau ferroviaire, voir: Anthony Perl, « Public Enterprise as an Expression of Sovereignty: Reconsidering the Origin of Canadian National Railways », *Canadian Journal of Political Science*, vol. 27, no. 1, 1994, pp. 23-52. Pour les telecommunications, voir: Robert Babe, *Telecommunications in Canada: Technology, Industry, and Government*, Toronto, University of Toronto Press, 1990.

[78] Chris Gainor, *Who Killed the Avro Arrow*, Edmonton, Folklore Publishing, 2007.

gouvernement fédéral a également été assimilée à une forme de capitalisme d'État qui a connu son apogée entre 1945 et 1975[79].

À partir du milieu des années 1970, les compagnies de la Couronne et leurs filiales atteignent un nombre considéré comme trop élevé par le gouvernement, plusieurs accumulent des déficits de manière récurrente et d'autres sont accusées de s'être trop écartées de leur mandat initial. Le gouvernement tente alors de rétablir un contrôle plus serré sur leur création ou leur démantèlement, la nomination de leur personnel dirigeant, leur financement public et leurs objectifs politiques[80]. La reprise en main du pouvoir central sur le fonctionnement de ses entreprises ouvre paradoxalement la voie à leurs privatisations dans la seconde moitié des années 1980. L'arrivée au pouvoir, en 1984, du Parti conservateur de Brian Mulroney marque en effet la mise en place rapide de mesures visant à restreindre la place occupée par l'État dans l'économie nationale et réduire le déficit public. La privatisation des compagnies de la Couronne considérées comme dépourvues d'utilité publique constitue alors un objectif majeur pour le gouvernement[81]. Les processus de privatisation se révèlent toutefois lents et sinueux, car le gouvernement fédéral doit faire face à des obstacles juridiques, des résistances politiques ou issues des entreprises mêmes ainsi qu'au mécontentement de l'opinion publique[82].

---

[79] Maureen A. Mollot et Jean Kirk Laux, « The Politics of Nationalization », *Canadian Journal of Political Science*, vol. 12, no. 2, 1979, pp. 227-258; Jean Kirk Laux et Maureen A. Mollot, *State Capitalism: Public Enterprise in Canada*, Ithaca, Cornell University Press, 1988.

[80] Gilles Bouchard, « La politique du gouvernement Mulroney à l'égard des sociétés d'État: un bilan après quatre ans », *Politiques et management public*, vol. 7, no. 1, 1989, pp 147-161.

[81] L'éphémère gouvernement Conservateur de Joe Clark, élu en 1979, prévoyait également la privatisation de certaines entreprises dont Canadair, de Havilland Aircraft et Eldorado. Il fut néanmoins battu quelques mois plus tard, en avril 1980, par le parti Libéral de P.E. Trudeau. Voir: W.T. Stanbury, « Privatization in Canada », dans Paul MacAvoy, W.T. Stanbury, George Yarrow et Richard Zeckhauser, *Privatization and State-Owned Enterprises*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1990, pp. 279-280.

[82] Bruce Doern et John Atherton, « The Tories and the Crowns: Restraining and Privatizing in a Political Minefield », dans Michael Prince (dir.), *How Ottawa Spends 1987– 1988: Restraining the*

Cependant, grâce à leur potentiel commercial, plusieurs entreprises technologiques publiques trouvent repreneur entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990, parmi lesquelles: Eldorado Nuclear (1988) et la Société radiochimique (1991) dans le secteur nucléaire, Polymer Inc. (1989) dans la chimie synthétique, Canadair et de Havilland (1986) dans l'aéronautique, Teleglobe Canada (1987) et Telesat (1992) dans les télécommunications. Les processus politiques de privatisation de ces entreprises, allant de la sélection des sociétés à privatiser au choix des repreneurs, en passant par les changements apportés à la structure et au mandat des sociétés en vue de leur cession, n'a fait l'objet que de peu d'attention[83]. À travers le cas de la Société radiochimique, cette thèse contribue à éclairer cette question, en proposant une analyse de l'interaction entre les différentes instances gouvernementales impliquées dans son processus de privatisation et en situant l'importance de la politique industrielle fédérale dans les prises de décision concernant l'avenir d'ÉACL et de sa future filiale privatisée.

Plusieurs études économiques ont également tenté d'évaluer l'impact des privatisations sur la performance financière des ancienne compagnies de la Couronne et sur leur mode de gouvernance[84], affirmant pour la plupart, à l'instar de l'étude de

---

State, Toronto, Methuen, 1987, pp. 129-175; Jeanne Kirk Laux, « How Private is Privatization », *Canadian Public Policy*, vol. 19, no. 4, 1993, pp. 398-411.

[83] Allan Tupper et Bruce Doern (dirs.), *Privatization, Public Policy and Public Corporations in Canada*, Halifax, The Institute for Research on Public Policy, 1988.

[84] Aidan Vining et Anthony Boardman, « Ownership Versus Competition: The Causes of Government Enterprise Inefficiency », *Public Choice*, vol. 73, no. 2, 1992, pp. 205-239; Anthony Boardman, Claude Laurin et Aidan Vining, « Privatization in Canada: Operating and Stock Price Performance with International Comparisons », *Canadian Journal of Administrative Sciences*, vol. 13, no. 2, 2002, pp. 137-154; Richard Bozec et Mohamed Dia, « L'impact de la commercialisation et de la privatisation sur l'efficacité technique des sociétés d'État au Canada », *Revue canadienne des sciences de l'administration*, vol. 20, no. 4, 2003, pp. 291-310; Richard Bozec et Gilles Breton, « The impact of the Corporatization Process on the Financial Performance of Canadian State-Owned Enterprises », *International Journal of Public Sector Management*, vol. 16, no. 1, 2003, pp. 27-47; Richard Bozec et Mohamed Dia, « Board Structure and Firm Technical Efficiency: Evidence from Canadian State-Owned Enterprises », *European Journal of Operational Research*, vol. 177, no. 3, 2007, pp. 1734-1750.

Bozec et Dia, que « la commercialisation et la privatisation ont [eu] un effet positif et significatif sur l'efficacité technique des sociétés d'État »[85]. Néanmoins, ces études ont été réalisées sur des agglomérats d'entreprises qui ne permettent pas de prendre en compte les différents contextes commerciaux dans lesquels chacune évolue, ni de discriminer entre les entreprises technologiques et les entreprises productrices d'autres biens et services. De plus, ces études recourent à des critères strictement comptables, le plus souvent des analyses de type coût-bénéfice[86], qui ignorent la mission sociale des compagnies de la Couronne et leur fonction stratégique pour l'État[87]. Enfin, elles omettent d'évaluer les répercussions économiques et sociales de ces privatisations sur les secteurs industriels concernés ainsi que pour le contribuable[88]. À travers de la trajectoire du projet MAPLE, cette thèse propose justement d'évaluer la privatisation de la Société radiochimique à l'aune des conséquences qu'elle a pu avoir sur l'évolution du secteur de la production des isotopes médicaux au Canada, en prenant en compte tant la dimension commerciale, que politique et sociale de cette activité industrielle.

---

[85] Bozec et Dia, *op. cit.*, 2003, p. 306.

[86] Voir par exemple: Anthony Boardman, Claude Laurin, Mark Moore et Aidan Vining, « A Cost-Benefit Analysis of the Privatization of Canadian National Railway », *Canadian Public Policy*, vol. 35, no. 1, 2010, pp. 59-83.

[87] Luc Bernier et Taieb Hafsi, « De l'usage des données sur les privatisations : entre les statistiques et l'idéologie », in F. Lacasse et P.-É. Verrier (dirs.), *Trente ans de réforme de l'État. Expériences françaises et étrangères : stratégies et bilans*, Paris, Dunod, 2005, pp. 213-233.

[88] Pour un exemple d'étude économique évaluant les impacts d'une privatisation non seulement sur les revenus de l'entreprise et les actionnaires, mais également sur les employés, les consommateurs et les contribuables, voir: Massimo Florio, *The Great Divestiture. Evaluating the Welfare Impact of the British Privatizations 1979-1997*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2004. Analysant le cas particulier de British Telecom, Florio arrive à la conclusion que: « virtually any benefit to the consumer from BT's privatization was generated by a combination of long-term technological change, strict regulation, and allowed competition in the 1990s. Privatization per se contributed little or nothing to consumers' welfare », p. xvi.

0.2 Structure de la thèse

Puisqu'il est question dans cette thèse de restituer la trajectoire sociohistorique d'un GPT, il nous semblait cohérent d'adopter une approche chronologique qui respecte l'enchaînement logique des évènements et suit le flot naturel d'un récit historique. Le projet MAPLE contient grossièrement deux histoires concaténées en une trajectoire unique. La seconde histoire, qui aboutit à l'abandon du projet en mai 2008, démarre douze ans plus tôt, en juillet 1996. Mais cette date ne marque en réalité que la réactivation d'un premier projet, qui a officiellement débuté en 1985 avant d'être interrompu une première fois par ÉACL en septembre 1993. La première moitié de la thèse (chapitres I, II et III) est consacrée à la première vie du projet, tandis que la seconde moitié couvre la seconde (chapitres IV, V et VI). Si la chronologie des évènements est globalement respectée entre ces deux grandes périodes, nous avons parfois opté à l'intérieur de chacune pour une approche synchronique qui permet d'alléger la narration et d'aborder la trajectoire du MAPLE à partir de thématiques différentes.

Ainsi, les chapitres II et III abordent le projet MAPLE sous deux angles complémentaires, politique et technologique, en couvrant approximativement la même période, qui s'étale du début des années 1980 au début des années 1990. Le chapitre II revient sur le contexte politique et commercial dans lequel s'inscrit le projet, tandis que le chapitre III s'intéresse au travail de conception mené par les ingénieurs d'ÉACL et aux questions qui touchent directement aux infrastructures physiques du projet. Une approche similaire est adoptée dans les chapitres V et VI qui touchent à la seconde vie du projet et, grosso modo, couvrent chacun la même période allant de 1997 à 2008. Alors que le chapitre V met en lumière l'impact des politiques de non-prolifération nucléaire votées aux États-Unis sur la trajectoire du projet MAPLE, le chapitre VI couvre la question de la valeur du coefficient de puissance de réactivité des deux réacteurs MAPLE, au poids tout aussi important dans la décision de mettre un terme au projet.

Cette thèse est divisée en six chapitres. Le chapitre I établit la genèse des industries nationales publiques et d'un marché international des isotopes médicaux, en s'appuyant notamment sur les études historiques consacrées à la diffusion de l'utilisation des isotopes aux États-Unis, au Royaume-Uni et au Canada. La période de l'après-guerre voit un saut quantitatif et qualitatif de la production des isotopes, du fait de son transfert des cyclotrons universitaires vers les réacteurs nucléaires gouvernementaux. La massification de la production accompagne l'essor de la recherche en biologie moléculaire et l'institutionnalisation de la médecine nucléaire, les deux principales activités consommatrices de radio-isotopes. La formation d'une industrie est également favorisée par le contexte politique de la Guerre froide où les isotopes sont instrumentalisés par les gouvernements et les agences nucléaires dans la promotion des 'applications pacifiques' de l'énergie atomique. La seconde partie du chapitre est ensuite consacrée à la description des premières décennies du programme canadien de production des isotopes et de leurs technologies dérivées, à l'instar des appareils de radiothérapie. Cette partie s'attarde en particulier sur la manière dont se structure la relation entre production et commercialisation, qui tombent sous la responsabilité d'ÉACL et de la Division des produits commerciaux (DPC), deux entreprises publiques aux destins liés mais aux objectifs distincts.

Le chapitre II revient sur la reconfiguration de la relation entre les activités de production et de commercialisation des isotopes au Canada, opérée entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990. Il traite en particulier du processus de privatisation de la Société radiochimique, ancienne DPC, qui se conclut par sa vente à l'entreprise pharmaceutique privée MDS Health Group en novembre 1991. L'intérêt de cet épisode est qu'il permet d'expliquer, par le renversement des rapports de force qu'il induit dans l'industrie canadienne des isotopes, certaines décisions et choix technologiques qui ont affecté de manière décisive le déroulement du projet MAPLE. L'analyse de la privatisation de la SR constitue également une étude de cas originale des mécanismes politiques mis en action durant la vague des privatisations

d'entreprises technologiques publiques effectuées par le gouvernement fédéral entre 1985 et 1993. Elle montre que la spécificité du cas de la SR réside dans le fait qu'elle constitue, en réalité, une privatisation déguisée, puisque sa vente ne signifie nullement que le gouvernement, via ÉACL, se retire du marché des radio-isotopes. La société d'État va au contraire continuer à subventionner ce marché en assumant la majeure partie des coûts de production tout en cédant la plus grande part des bénéfices à la nouvelle entité commerciale privée, MDS Nordion.

Le chapitre III est consacré à la narration de la première vie du projet MAPLE, consistant à construire un réacteur de production d'isotopes, alors appelé MAPLE-X, sur le site des laboratoires nucléaires de Chalk River. Le chapitre situe d'abord les origines du projet MAPLE-X dans un triple contexte: la volonté d'ÉACL d'orienter ses activités de recherche vers des services commerciaux; les coupures gouvernementales opérées dans les budgets de R&D d'ÉACL; l'anticipation par ÉACL de la privatisation de la Société radiochimique et la planification nécessaire qui en découle pour maintenir un approvisionnement stable en isotopes. Dans un deuxième temps, c'est le concept de réacteur MAPLE qui est exploré ainsi que sa concrétisation en un GPT. Sa trajectoire heurtée témoigne notamment de la surdétermination des choix techniques par des facteurs d'autre nature, qui relèvent autant des finances et de la stratégie de l'entreprise que du rôle joué par la CCEA dans la réglementation du projet. Finalement, les modalités d'intégration de l'activité de production des isotopes au dispositif physique de R&D d'ÉACL sont analysées en fin de chapitre. Le mode d'exploitation des installations de production de Chalk River au début des années 1990, conjugué à la privatisation de la Société radiochimique, a en effet un impact direct sur la décision d'arrêter une première fois le projet MAPLE en novembre 1993.

Le chapitre IV couvre, dans sa première partie, la période de transition de trois ans entre l'abandon du projet MAPLE-X et sa réactivation en juillet 1996 sous le nom

de projet MMIR[89]. Nous expliquons pourquoi ce dernier ne consiste plus en la construction d'un seul mais de deux réacteurs MAPLE, ainsi qu'une nouvelle installation de traitement et de stockage des déchets radioactifs. La première partie du chapitre est consacrée aux négociations impliquant ÉACL, MDS Nordion, les ministères des Ressources naturelles et des Finances pour la reprise du projet. Elle illustre une nouvelle fois l'interventionnisme étatique dans les affaires d'ÉACL et la réduction substantielle de la marge de manœuvre de cette dernière dans la définition de sa stratégie d'entreprise. La seconde moitié du chapitre décrit les premières années du déroulement du projet MMIR, entre 1997 et 2001. En s'attardant en particulier sur la première défaillance technique majeure rencontrée durant la mise en service des infrastructures du MMIR, un défaut de conception détecté dans l'un des systèmes de sûreté du réacteur MAPLE-1, elle illustre les conséquences d'un projet réactivé dans la précipitation et marqué par les contraintes de temps et d'argent découlant de l'entente contractuelle nouée avec MDS Nordion.

Le chapitre V traite du caractère ambivalent de la production et de la circulation internationale des radio-isotopes médicaux, entre finalité pacifique affichée et risque sécuritaire sous-jacent. Il s'intéresse en particulier à l'influence des politiques de non-prolifération nucléaire adoptées aux États-Unis sur la conduite du projet MMIR au Canada. Le chapitre s'ouvre sur les origines de la mise en place, en 1978, du premier programme contraignant les exportations américaines d'uranium hautement enrichi (HEU, pour *highly enriched uranium*). Ce matériau fissile est utilisé dans la production du Mo-99 dans le réacteur NRU d'ÉACL et il est également prévu d'y recourir dans les réacteurs MAPLE. Le risque de restriction des exportations américaines de HEU vers le Canada prend une ampleur supplémentaire en 1992 avec l'adoption d'une loi connue sous le nom d'amendement Schumer. Les répercussions de cet amendement sur la trajectoire du projet MMIR sont analysées dans la seconde partie du chapitre.

[89] MMIR est l'acronyme de MDS Nordion Medical Isotope Reactor.

Plus particulièrement, les enjeux de la conversion des installations de traitement et de stockage des déchets radioactifs à l'usage de l'uranium faiblement enrichi sont analysés en détail. Enfin, les tentatives de contournement de la législation américaine par MDS Nordion, qu'elles se rapportent à des arguments techniques, économiques ou plus prosaïquement à des opérations de lobbying, font l'objet de la troisième et dernière partie du chapitre. L'ensemble de ces manœuvres concourt à la persistance dans le temps de la question de la conversion des installations du MMIR au LEU et contribue à la décision d'ÉACL, soutenue par le gouvernement fédéral, de mettre fin au projet en mai 2008.

Le chapitre VI traite de l'abandon du projet MMIR et des conséquences de cette décision sur la production industrielle des isotopes médicaux au Canada. Le chapitre aborde en premier lieu la question du coefficient de puissance réactivité (CPR) des MAPLE dont les ingénieurs d'ÉACL ont tenté en vain d'interpréter la valeur non conforme à la conception initiale du réacteur. L'intérêt de l'analyse présentée dans ce chapitre réside notamment dans le fait qu'elle lie le problème technique du CPR à d'autres questions en partie extra-techniques, tel que le recours au HEU ou l'état de la relation contractuelle entre ÉACL et MDS Nordion. Le reste du chapitre est consacré à l'analyse des conséquences directes et indirectes de l'abandon du projet MMIR. La première se rapporte aux épisodes successifs de défaillances du réacteur NRU, entre 2007 et 2010, qui aboutissent à la 'crise des isotopes'. La seconde concerne l'émergence au Canada d'options technologiques alternatives aux réacteurs nucléaires pour la production des isotopes médicaux, dont les caractéristiques correspondent aux enjeux sociaux et politiques auxquels ne pouvait répondre le projet MMIR, mais qui excluent également le Canada de la compétition pour les marchés internationaux du Mo-99.

0.3 Sources documentaires

Pour rendre compte de la dynamique sociohistorique du projet MAPLE, cette thèse s'appuie sur diverses sources documentaires qui sont en partie disponibles à Bibliothèque et archives Canada. Une partie des archives relatives à la restructuration organisationnelle et financière d'ÉACL à la fin des années 1970 et au début des années 1980 se trouve dans les fonds d'archives des anciens ministres de l'Énergie, des mines et des ressources, Alastair Gillespie (1975-1979) et Marc Lalonde (1980-1982), (regroupements «R 1526» et «R 12590»). Une autre partie se trouve dans le fonds d'archives du Conseil du Trésor (regroupement «RG 55») et une troisième dans le fonds du ministère des Finances (regroupement «RG 19»). Les archives relatives au processus de privatisation de la Société radiochimique, qui se déroule entre 1985 et 1991, se trouvent également dans le fonds d'archives du ministère des Finances. Elles incluent notamment les archives de l'éphémère Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires, opérant sous le gouvernement de Brian Mulroney entre 1986 et 1991.

La documentation du projet MAPLE-X, dont la trajectoire est analysée au chapitre III, est issue des archives d'ÉACL aux laboratoires nucléaires de Chalk River et de la CCEA/CCSN. Nous avons pu avoir en partie accès à ces archives grâce à trois requêtes formulées dans le cadre de la loi sur l'accès à l'information (requêtes A-2015-00138, A-2015-00139 et A-2016-00027). S'y retrouvent les discussions et décisions concernant le projet prises lors des réunions du Conseil d'administration d'ÉACL, des correspondances entre des ingénieurs travaillant à la conception du réacteur dans le cadre du groupe Nuclear Safety Advisory Committee (NSAC) d'ÉACL, ainsi que des échanges entre ingénieurs d'ÉACL et agents de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA). Certains documents relatifs au projet MAPLE-X sont présents dans le fonds d'archives de la Commission canadienne de l'énergie atomique (regroupement «RG 60»), notamment dans les documents dits BMD (en anglais, *Board Member Documents*), produits pour aider les commissaires de l'institution à octroyer ou refuser les autorisations de poursuivre des projets nucléaires au Canada. Une partie de la

documentation du projet MAPLE-X est également disponible dans des rapports techniques internes ou des comptes rendus de conférences, rendus publics sur la base de données électronique INIS de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)[90]. Enfin, les négociations menées pour réactiver le projet MAPLE-X, impliquant ÉACL, les ministères des Finances, des Ressources naturelles et MDS Nordion, sont documentées dans le fonds d'archives du ministère des Finances.

La question de l'utilisation du HEU dans les réacteurs MAPLE, abordée au chapitre V, est documentée en partie dans les archives électroniques du United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC). Le numéro de dossier attribué aux demandes d'exportations de HEU formulées par ÉACL est le XSNM-3060. On y retrouve les comptes rendus d'audiences traitant des exportations de HEU vers les laboratoires de Chalk River, des correspondances entre les commissaires de l'USNRC, des lettres adressées aux commissaires par des dirigeants de MDS Nordion ou du Nuclear Control Institute (NCI). Les rapports annuels soumis entre 2000 et 2007 par Nordion aux commissaires de l'USNRC, qui documentent la faisabilité de conversion des MAPLE à l'utilisation de l'uranium faiblement enrichi, ont été obtenus grâce à une requête formulée dans le cadre de la loi sur l'accès à l'information auprès de la CCSN (A-2015-00151). Enfin, certains documents nous ont été généreusement fournis par Alan J. Kuperman, analyste politique au sein du NCI impliqué de près dans le dossier de conversion des installations du MMIR à l'uranium faiblement enrichi.

La question de la valeur du CPR des réacteurs MAPLE, abordée au sixième chapitre, est documentée principalement dans deux sources: le fonds d'archives «RG 60» de la CCSN (ex CCEA) et les comptes rendus de réunions publiques tenues au siège de la CCSN concernant l'avancement du projet MMIR (disponibles sur son site web). Le processus menant à la décision d'abandonner le projet MMIR est en partie

[90] Les rapports techniques d'ÉACL relativement au MAPLE ont été obtenus à partir du site de la base de données INIS: https://www.iaea.org/inis/

documenté dans les archives de Ressources naturelles Canada. Nous y avons eu accès grâce à deux requêtes formulées dans le cadre de loi sur l'accès à l'information (requêtes DC7040-08-095 et DC7040-08-076). De précieux documents relatifs à cette question nous ont également été transmis par la journaliste Alison Motluk, auteure en 2011 d'une enquête fouillée sur les dessous politiques du projet MAPLE et de la production des isotopes médicaux au Canada[91]. Enfin, les réacteurs MAPLE, du milieu des années 1980 à la fin des années 2000, ont fait l'objet de plusieurs articles dans trois revues spécialisées dans la couverture de l'actualité de l'industrie nucléaire: *Nucleonics Week, Inside NRC* et *NRC Fuel.* Le *Canadian Medical Association Journal* contient plusieurs articles traitant de la 'crise des isotopes', un épisode qui a abondamment été couvert dans la presse généraliste canadienne entre 2007 et 2011, notamment dans le *Globe and Mail* et le *Ottawa Citizen.*

[91] Alison Motluk, « A Political Meltdwon », *The Walrus*, 12 avril 2011. Disponible sur: https://thewalrus.ca/a-political-meltdown/, consulté le 13 juin 2015.

CHAPITRE I - LES RADIO-ISOTOPES COMME OBJETS SCIENTIFIQUES, INSTRUMENTS POLITIQUES ET PRODUITS COMMERCIAUX

1.1 Introduction

Le terme 'isotope' est utilisé pour la première fois par le chimiste anglais Frederick Soddy, dans un article publié dans la revue *Nature* en décembre 1913[1]. Soddy déduit l'existence des isotopes après avoir étudié des chaînes de désintégration radioactive indiquant la présence de 40 éléments différents entre l'uranium et le plomb, alors que le tableau périodique ne devrait en permettre la présence que de 11. Ce fait revient à postuler qu'il existe des éléments aux masses atomiques différentes se situant dans la même case du tableau périodique, raison pour laquelle Soddy retient le terme *iso-topos*, qui en grec signifie 'au même endroit', pour qualifier sa découverte[2].

Les isotopes sont en réalité des formes différentes d'un même élément du tableau périodique. Ces éléments sont chimiquement identiques mais se distinguent physiquement par le nombre de neutrons présents dans leurs noyaux. Les isotopes qui possèdent des noyaux atomiques stables sont, bien sûr, les plus répandus dans la nature. C'est le cas par exemple de l'isotope carbone-12 (C-12), qui forme près de 99% du carbone présent sur Terre et dans l'atmosphère. Les isotopes dont les noyaux atomiques sont instables, car émetteurs de radiation, sont appelés isotopes radioactifs ou radio-isotopes. Ils ont par conséquent une durée de vie limitée dans le temps, pouvant varier d'une fraction de femtoseconde à plusieurs milliards d'années. C'est le cas de l'isotope carbone-14 (C-14), bien connu pour son application dans les techniques de datation,

---

[1] Frederick Soddy, « Intra-Atomic Charge », *Nature*, vol. 92, no. 2301, 1913, pp. 399-400.

[2] Salvatore Califano, *Pathways to Modern Chemical Physics*, London, Springer, 2012, p. 150.

qui n'est présent dans la nature qu'à l'état de traces et dont la demi-vie est d'environ 5734 ans.

Si les isotopes stables et certains isotopes radioactifs se retrouvent dans la nature, d'autres radio-isotopes ne peuvent être produits qu'artificiellement, dans des réacteurs nucléaires, des cyclotrons ou d'autres types d'accélérateurs de particules. Par exemple, le radium-226 (Ra-226), utilisé au cours du 20ème siècle en médecine pour soigner les tumeurs cancéreuses, est un radio-isotope naturel dans la mesure où son obtention repose sur l'extraction et le raffinement d'une certaine quantité de minerai d'uranium où il se trouve en quantités infimes. À l'opposé, le cobalt-60 (Co-60), utilisé dans le même type de thérapies médicales que le radium, n'est pas un élément présent naturellement sur Terre, mais est obtenu artificiellement à partir du bombardement neutronique de son isotope stable, le cobalt-59, qui est lui obtenu à partir de l'extraction minière.

Au début du 20ème siècle, les isotopes, stables ou radioactifs, constituent d'abord un objet de recherche pour les physiciens et les chimistes, accompagnant le développement de la physique nucléaire et de la chimie de la radioactivité. À partir du milieu des années 1930, c'est surtout comme outils d'investigation scientifique en biologie et de thérapie en médecine que leur usage se répand le plus au sein des communautés de chercheurs. Toutefois, en raison de leur coûts de production élevés, l'accès des scientifiques et des médecins aux radio-isotopes demeure restreint jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale. Durant les deux premières décennies de la Guerre froide, l'avènement des programmes nucléaires nationaux, civils ou militaires, permet d'en produire à échelle industrielle et à très bas prix. C'est alors que leur utilisation, grâce à diverses techniques de marquage radioactif et d'imagerie, se répand graduellement dans les pratiques hospitalières, les laboratoires de recherche et, à un degré moindre, dans l'industrie.

Ce chapitre propose de contextualiser historiquement la mise en place d'une industrie et d'un marché international des radio-isotopes. Il vise trois objectifs: premièrement, expliquer les raisons pour lesquelles les radio-isotopes sont devenus, après la Seconde Guerre mondiale, des instruments privilégiés de la recherche biologique et médicale. Celles-ci sont à trouver autant dans l'émergence et l'essor de nouvelles sous-disciplines, telles que la biologie moléculaire et la médecine nucléaire, que dans que dans le contexte politique et historique de la Guerre froide. Le deuxième objectif consiste à évaluer l'importance de la place, tant économique que symbolique, occupée par l'activité de production et de distribution des radio-isotopes dans les principaux programmes nucléaires nationaux de l'après-guerre. Le troisième objectif est de mettre en lumière les particularités et les caractéristiques institutionnelles, technologiques et commerciales du programme canadien de production des radio-isotopes dans ses trente premières années d'existence.

La première partie du chapitre analyse les modalités de production et de diffusion des radio-isotopes à l'ère atomique, dans les premières décennies suivant la fin de la Seconde Guerre mondiale. Cette période marque un saut quantitatif et qualitatif de la production des radio-isotopes, du fait de son transfert des cyclotrons universitaires vers les réacteurs nucléaires gouvernementaux. Ce déplacement a également des conséquences politiques, particulièrement visibles dans les campagnes gouvernementales d'instrumentalisation des radio-isotopes dans la promotion des 'applications pacifiques' de l'atome. D'autres dimensions de la production nucléaire des radio-isotopes sont explorées dans cette seconde partie: économiques et commerciales, à travers le rôle secondaire joué par l'entreprise privée dans cette industrie naissante, et scientifique, à travers la contribution des radio-isotopes à l'essor de la biologie moléculaire et de la médecine nucléaire. Cette analyse s'appuie en particulier sur le cas du programme de production et de distribution des radio-isotopes des États-Unis qui, s'il est unique de par son ampleur, présente des caractéristiques qui permettent d'éclairer le cas canadien étudié subséquemment dans le chapitre.

La seconde partie du chapitre est consacrée à la description des premières décennies du programme canadien de production des radio-isotopes et de leurs technologies dérivées. Elle s'attarde en particulier sur la manière dont se structure la relation entre les activités de production et de commercialisation, qui tombent sous la responsabilité de deux entreprises publiques structurellement liées mais aux objectifs distincts. En ce sens, une attention particulière est accordée aux deux produits phares de la production canadienne de radio-isotopes, le cobalt-60 et le molybdène-99, qui servent d'exemples illustrant la relation économique existant entre la commercialisation des radio-isotopes et la R&D nucléaire d'ÉACL. L'autre intérêt de cette troisième partie est de décrire la chaîne d'approvisionnement du molybdène-99 dont descend le technétium-99m, radio-isotope qui sera massivement utilisé dans les procédures de diagnostic médical à partir de la fin des années 1980 et qui justifiera à lui seul le projet de construction des réacteurs MAPLE, étudié à partir du troisième chapitre de cette thèse.

1.2 Les radio-isotopes dans l'ère atomique

En 1943, l'armée américaine construit un réacteur nucléaire expérimental dans un endroit tenu secret du Tennessee qui, après la guerre, deviendra l'un des sites de la recherche nucléaire les plus réputés au monde, le laboratoire d'Oak Ridge. Le réacteur X-10 sert de prototype à des réacteurs censés produire du plutonium à échelle industrielle dans le futur complexe nucléaire d'Hanford situé dans l'État de Washington. Lorsque ceux-ci deviennent opérationnels, dans les premiers mois de 1945, le X-10 se trouve délesté de sa mission première et l'on s'interroge sur son devenir. C'est alors que des scientifiques proposent à l'administration militaire du projet Manhattan d'en faire l'assise d'un programme gouvernemental de distribution des radio-isotopes. La proposition fait d'autant plus sens qu'en 1943 le réacteur X-10

en avait produit en petites quantités du carbone-14, du soufre-35 et du phosphore-32[3]. Cette reconversion du réacteur de recherche X-10 reflète également les tensions existant depuis le début du projet Manhattan entre le commandement militaire et certains physiciens désirant démilitariser les usages de l'énergie nucléaire à la fin de la guerre[4].

Depuis le milieu des années 1930, les radio-isotopes sont produits dans les cyclotrons, un type d'accélérateur permettant à des particules porteuses de grandes quantités d'énergie d'entrer en collision avec des cibles et d'y générer artificiellement de la radioactivité[5]. La quantité de radio-isotopes produite au moyen d'un cyclotron ou d'un réacteur nucléaire dépend avant tout de la puissance du flux de neutrons généré par l'instrument[6]. Les flux neutroniques étant beaucoup plus puissants dans les réacteurs nucléaires que dans les cyclotrons, le transfert de la production de l'un vers l'autre permet non seulement de passer à une production de masse, mais aussi d'élargir l'éventail des radio-isotopes disponibles, puisque les flux élevés des réacteurs permettent également de produire des éléments à demi-vies plus longues.

---

[3] Angela Creager, « The Industrialization of Radioisotopes by the U.S. Atomic Energy Commission », dans Karl Grandin, Nina Wormbs et Sven Widmalm (dir.), *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications*, Sagamore Beach, Science History Publications and the Nobel Foundation, 2004, p. 146.

[4] Angela Creager, *Life Atomic: A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2013, pp. 60-61.

[5] Le cyclotron qui a joué le rôle le plus important dans la diffusion des radio-isotopes auprès de la communauté scientifique et médicale avant 1939 est celui du physicien américain Ernest O. Lawrence. Sur la genèse et la construction de cet appareil à l'Université Berkeley, voir: John Heilbron et Richard Seidel, *Lawrence and his Laboratory: A History of the lawrence Berkely Laboratory*, Berkeley, University of California Press, 1989, pp. 127-132.

[6] Une 'quantité' de radio-isotopes ne se mesure pas en unité de masse mais en unité de radioactivité, le Curie ou millicurie (1000 millicuries équivalent à 1 Curie), qui représente le nombre de désintégrations atomiques d'un élément par unité de temps. Le Curie a officiellement été remplacé par une autre unité, le Becquerel, en 1964, mais son utilisation a perduré dans les milieux scientifiques et industriels de la radioactivité.

La prise en charge de la production des radio-isotopes par les réacteurs nucléaires gouvernementaux entraîne des changements qui sont d'abord d'ordre quantitatif. Instituée en juin 1946, l'Agence américaine de l'énergie atomique, l'Atomic Energy Commission (AEC), estime ainsi qu'une production de 200 millicuries de carbone-14, réalisée en quelques semaines à un coût de 10 mille dollars dans le réacteur d'Oak Ridge, pour être produite dans le même laps de temps avant-guerre aurait nécessité le fonctionnement de 1000 cyclotrons à un coût d'opération dépassant le million de dollars[7]. La transition des cyclotrons aux réacteurs nucléaires marque aussi le déplacement du contrôle de la production et de la circulation des radio-isotopes des laboratoires universitaires vers les agences nucléaires gouvernementales, qui pour des raisons tant sécuritaires qu'économiques exercent dans les premières années de la Guerre froide un monopole de fait sur le développement des applications civiles et militaires de l'énergie nucléaire[8].

Le 14 juin 1946, dans une édition de la revue *Science*, les quartiers généraux du Projet Manhattan annoncent le début d'un programme mondial de distribution d'isotopes radioactifs[9]. Ils y incluent un catalogue des radioéléments disponibles ainsi que les instructions à suivre par les chercheurs pour soumettre leurs demandes. L'année suivante, près de 73 requêtes étrangères, dont la moitié proviennent de centres de recherche et de thérapie médicale situés au Royaume-Uni et en Europe continentale, sont soumises au laboratoire d'Oak Ridge[10]. L'AEC ne se contente pas de combler une demande scientifique et médicale, mais cherche activement à la créer et à la stimuler.

---

[7] Angela Creager, « Tracing the Politics of Changing Postwar Research Practices: The Export of 'American' Radioisotopes to European Biologists », *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences,* vol. 33, no. 3, 2002, p. 375.

[8] Creager, « The Industrialization of Radioisotopes », *op. cit.*, p. 155.

[9] « Availability of Radioactive Isotopes: Announcement from Headquarters, Manhattan Project, Washington, D.C. », *Science*, vol. 103, no. 2685, 1946, pp. 697-705.

[10] Creager, « Tracing the Politics of Changing Postwar Research Practices », *op. cit.*, p. 374.

Dans cette perspective, l'agence remet en 1949 un rapport au Congrès américain qui définit son engagement dans la diffusion des radio-isotopes sur trois fronts[11].

Premièrement, l'agence nucléaire vise à faire croître sensiblement l'utilisation des radio-isotopes dans la recherche biologique et médicale. En 1948, l'AEC avait déjà décidé que les envois de phosphore-32, de sodium-24 et d'iode-131 destinés au traitement des cancers seraient effectués gratuitement. La même année, le laboratoire nucléaire nouait également un partenariat avec l'Université du Tennessee pour la création d'une ferme expérimentale où seraient étudiées les possibles applications des radio-isotopes dans l'amélioration de la production agricole[12]. Le deuxième objectif de l'AEC est d'impliquer graduellement et autant que possible l'industrie privée dans les divers aspects de la production, de la distribution commerciale et de l'utilisation des radio-isotopes. Enfin, l'AEC s'engage aussi à offrir une variété de programmes de formation sur les techniques de manipulation des radio-isotopes, destinés tout autant à des scientifiques qu'à des ingénieurs ou des techniciens de l'industrie.

Malgré des débuts contrariés par des circonstances politiques qui seront présentées plus loin dans ce chapitre, l'évolution du nombre d'envois de radio-isotopes dans le cadre du programme de l'AEC suit une courbe exponentielle durant les premières années de la Guerre froide. En 1950, l'AEC en effectue plus de 6000, dont 975 à l'étranger, nombre qui constitue à lui seul 40% de l'ensemble de ses envois depuis 1946. Au total, entre 1946 et 1955, l'AEC aura procédé à près de 64 mille envois d'isotopes à travers le monde[13]. Lorsqu'ils ne sont pas livrés gratuitement aux destinataires, les prix des radio-isotopes sont largement subventionnés par l'AEC,

---

[11] Creager, « The Industrialization of Radioisotopes », *op. cit.*, pp. 149-151.

[12] Helen Ann Curry, « Atoms in Agriculture: A Study of Scientific Innovation between Technological Systems », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 46, no. 2, 2016, p. 120. Sur la promotion par l'AEC des applications des radio-isotopes dans le domaine de l'agriculture, voir aussi: Neil Oatsvall, « Atomic Agriculture: Policymaking, Food Production, and Nuclear Technologies in the United States, 1945-1960 », *Agricultural History*, vol. 88, no. 3, 2014, pp. 368-387.

[13] Angela Creager, « The Industrialization of Radioisotopes », *op. cit.*, p. 143.

puisque celle-ci les fixe de manière à ne couvrir que 60% de leurs coûts de conditionnement et d'envoi[14]. Durant les deux premières années d'existence de son programme, l'AEC ne recouvre en revenus de vente que 200 mille dollars sur les 705 mille qu'elle a engagés en dépenses d'opération[15]. Ces chiffres démontrent clairement que l'objectif recherché derrière ce programme de distribution n'est pas la rentabilité économique, mais la diffusion la plus large possible des radio-isotopes dans les sphères scientifiques et médicales.

Au Royaume-Uni, la production des radio-isotopes est incluse dans le programme nucléaire britannique dès ses débuts. Le Conseil de la recherche médical britannique encourage particulièrement cette initiative, craignant que la recherche bactériologique et biochimique nationale n'accuse du retard à cause de l'indisponibilité d'isotopes stables et radioactifs[16]. En septembre 1946, l'agence nucléaire gouvernementale britannique, la United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA), décide que les laboratoires nucléaires d'Harwell, équivalents britanniques des laboratoires d'Oak Ridge aux États-Unis et de Chalk River au Canada, produiront des radio-isotopes et entreprendront des recherches sur les méthodes de séparation, de traitement et de mesures isotopiques.

La disponibilité des radio-isotopes britanniques est annoncée en septembre 1948 dans les revues *British Medical Journal* et *Lancet*, signe que la 'clientèle' visée est avant tout médicale. La même année est créée l'Isotope Division of Harwell, qui devient une vitrine publique pour la promotion de l'utilisation des radio-isotopes au Royaume-Uni. Une autre entreprise publique située dans la banlieue de Londres, la Radiochemical Company, s'occupe de la séparation, du traitement, du

---

[14] *Ibid.*, p. 150.

[15] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 96.

[16] Margaret Gowing, *Independance and Deterrence. Britain and Atomic Energy, 1945–1952*, London, Macmillan, 1974, p. 313.

conditionnement, de la distribution et de la gestion des ventes des radio-isotopes[17]. À partir de 1949, la quantité de radio-isotopes envoyés par l'UKAEA à l'intérieur du pays et en Europe de l'Ouest dépasse celle de l'AEC[18]. Afin d'accélérer la diffusion de leurs techniques de manipulation et d'utilisation, une Isotope School est créée en 1951, à proximité d'Harwell. Cette école contribue de manière décisive à la formation de techniciens qui introduiront l'usage des radio-isotopes dans les hôpitaux, les universités et les industries britanniques et européennes[19].

Aux États-Unis, comme au Royaume-Uni ou dans d'autres pays qui développeront une production à grande échelle, la diffusion de radio-isotopes dans les laboratoires et les hôpitaux n'est rendue possible que parce que les programmes de production et de distribution ne sont pas soumis aux 'lois du marché'. En effet, les coûts associés au fonctionnement des réacteurs nucléaires où ils sont produits sont absorbés par d'autres budgets. À l'image du X-10 à Oak Ridge, les réacteurs utilisés pour la production des radio-isotopes sont presque toujours des réacteurs de recherche dont la mission principale est la R&D en soutien aux programmes nucléaires civils ou militaires. Comme le temps consacré à la production des radio-isotopes dans ces réacteurs demeure faible par rapport à celui des deux autres activités, leur coût de production est considéré comme négligeable. Ainsi, les investissements massifs effectués aux débuts des programmes nucléaires nationaux établissent les bases d'un 'faux' marché. Les radio-isotopes sont considérés comme des sous-produits des réacteurs de recherche et sont distribués à des prix qui ne reflètent pas leurs réels coûts

---

[17] Allison Kraft, « Between Medicine and Industry: Medical Physics and the Rise of the Radioisotope, 1945–65 », *Contemporary British History*, vol. 20, no. 1, p. 18.

[18] Nestor Herran, « Spreading Nucleonics: The Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951-67 », *British Journal for the History of Science*, vol. 39, no. 4, 2009, p. 572.

[19] *Ibid.*, p. 571.

de production, tels que les coûts de construction, d'opération ou de maintenance des réacteurs de recherche[20].

1.2.1 Les radio-isotopes et l'industrie privée

À la fin des années 1940, l'AEC va tout de même tenter de faire des radio-isotopes une marchandise appropriable par l'industrie privée, nonobstant le fait que leur production demeure largement subventionnée par des réacteurs nucléaires publics. Ses initiatives vont néanmoins se heurter à deux obstacles. Le premier est relatif à la difficulté d'accès aux connaissances techniques nécessaires pour produire des radio-isotopes à échelle industrielle. En effet, une politique d'achat obligatoire par l'État américain de tout brevet lié à des applications technologiques de l'énergie nucléaire est en place depuis 1943. Cette mesure est motivée par la crainte que ces brevets publics ne fournissent des informations permettant de produire des matériaux fissiles à usage militaire. La politique d'achat des brevets est d'autant plus dissuasive que leur acquisition se fait le plus souvent par le gouvernement à des prix symboliques[21]. Ainsi, durant les dix premières années suivant la fin de la guerre, le nombre de procédés industriels faisant intervenir des radio-isotopes ne dépasse pas la cinquantaine, la plupart étant déposés par des scientifiques issus de l'AEC et non de compagnies privées[22].

Deuxièmement, du point de vue de l'industrie privée, la question du prix des radio-isotopes est également problématique. Contrairement à des produits comme le

---

[20] Nestor Herran et Xavier Roqué, « Tracers of Modern Technoscience », *Dynamis*, vol. 29, 2009, p. 129.

[21] Simone Turchetti, « 'For Slow Neutrons, Slow Pay'. Enrico Fermi's Patent and the U.S. Atomic Energy Program, 1938-1953 », *Isis*, vol. 97, no. 1, pp. 11-12.

[22] Ce chiffre provient de la recherche du mot clé 'isotop*' dans le titre et le résumé des brevets disponibles sur la base de données de l'Office des brevets européens. Voir également: Simone Turchetti, « A Contentious Business: Industrial Patents and the Production of Isotopes, 1930-1960 », *Dynamis*, vol. 29, pp. 194-197.

radium ou le radon, leur coût total de production est difficile à évaluer étant donné leur statut de sous-produits des réacteurs nucléaires. Une entreprise privée qui se lancerait dans la construction et l'opération d'un réacteur nucléaire dédié uniquement à la production des radio-isotopes devrait, pour être rentable, vendre ses produits à des prix incomparablement plus élevés que ceux pratiqués par l'AEC ou une autre agence nucléaire publique. En effet, pour obtenir une tarification réaliste, il faudrait inclure les coûts de construction des réacteurs, de leur maintenance, des achats de combustibles et de la gestion des déchets radioactifs issus de la production des radio-isotopes. Cet obstacle est notamment évoqué au Royaume-Uni où, même si l'acte fondateur de la réglementation nucléaire britannique de 1948 n'interdit pas l'accès à cette industrie aux firmes privées, aucune firme ne souhaite en pratique investir dans une industrie aux coûts de production élevés et au marché restreint, sans la garantie d'une assistance gouvernementale[23].

Troisièmement, céder la production des radio-isotopes à des acteurs privés soulève la crainte que la compétition n'aboutisse à un abaissement des prix qui se produise au détriment des standards de santé et de sécurité des travailleurs[24]. D'ailleurs, aux États-Unis, la mission que se donne l'AEC d'impliquer l'entreprise privée dans le développement d'une industrie des radio-isotopes la met dans une position de conflit d'intérêt direct. D'un côté, l'agence est en charge de stimuler et de renforcer la libre compétition entre entrepreneurs privés dans le domaine de l'énergie atomique. De l'autre, elle doit assurer la protection et la santé du public et des travailleurs impliqués directement ou indirectement dans l'industrie nucléaire[25]. Cette contradiction est accentuée par le fait que les compagnies privées ne peuvent vendre des produits

---

[23] Gowing, *op. cit.*, p. 332.

[24] *Ibid.*

[25] Cette tension entre les deux missions de l'AEC mènera beaucoup plus tard, en 1975, à sa scission en deux agences distinctes, le Department of Energy pour le développement technologique et industriel de l'énergie nucléaire et la Nuclear Regulatory Commission pour sa réglementation.

nucléaires qu'à des laboratoires, hôpitaux ou industriels ayant préalablement reçu une accréditation de l'AEC certifiant leur respect des réglementations sécuritaires et sanitaires[26].

Face à la difficulté de placer les entreprises privées au cœur de la production industrielle des radio-isotopes, l'AEC tente de les impliquer dans des rôles secondaires, soit dans le conditionnement, la purification, la distribution ou la fabrication de composés radio-marqués. Cette dernière activité repose sur une technique de marquage isotopique qui consiste à remplacer, dans une molécule, un atome par un isotope radioactif dont il est possible de suivre la trace dans un organisme vivant, à l'aide d'instruments de mesure de la radioactivité ou d'imagerie médicale. Les molécules auxquelles s'applique cette technique peuvent aussi bien être des sucres (glucose, fructose, etc.), des acides aminés, des acides gras ou différentes hormones. Ainsi, en octobre 1947, l'AEC monte l'Industrial Advisory Group, comité composé de dirigeants de compagnies d'électricité et de laboratoires industriels qui a pour mission de définir les principaux domaines d'application industriels pour l'énergie nucléaire. Sur l'usage des radio-isotopes, la synthèse des composés radio-marqués et le développement d'outils de comptage de la radiation semblent deux domaines rapidement accessibles à l'industrie privée[27].

La même année, l'AEC organise une conférence sur la distribution commerciale des composés radio-marqués. Comme cette activité mobilise des connaissances en chimie industrielle, des compagnies telles Sun Oil, Dow Chemical, Monsanto, Abbott Laboratories ou Tracerlab se retrouvent à la conférence. Ces deux dernières compagnies ont été spécialement créées dans le but de développer les possibles techniques ou appareils dérivés de l'énergie atomique. Malgré ces quelques initiatives, les compagnies privées demeurent à la traîne des laboratoires de l'AEC. Pour ne pas

---

[26] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 192.

[27] *Ibid.*, p. 183.

décourager leurs initiatives, il faut que l'agence nucléaire gouvernementale s'engage, en juin 1948, à ne synthétiser que les composés radio-marqués dont les compagnies privées ne sont pas encore capables de maîtriser les procédés de production[28].

En 1954, une révision de la législation américaine sur l'énergie nucléaire, l'*Atomic Energy Act*, permet d'alléger les restrictions sur la possibilité de breveter des technologies nucléaires et sur les conditions de production de matériaux fissiles par des compagnies privées[29]. Ces mesures permettent une expansion du marché des composés radio-marqués aux États-Unis, qui reflète également l'essor de la recherche biomédicale dans les années 1950. Au début des années 1960, les ventes de composés radio-marqués croissent chaque année de 50% en moyenne[30]. Les entreprises privées américaines à elles seules procèdent annuellement à plus de 100 mille envois de ces produits. En 1957, l'adoption du *Price-Anderson Act* limite la responsabilité financière civile des industriels en cas d'accident ou de catastrophe nucléaire et encourage l'entrée des entreprises privées sur le marché des réacteurs. Entre la fin des années 1950 et le milieu des années 1960, la construction de plusieurs dizaines de réacteurs nucléaires privés, souvent avec l'assistance technique et financière de l'AEC[31], finit par faire entrer de grandes entreprises comme Union Carbide ou General Electric dans la production directe des radio-isotopes. Cependant et malgré ces mesures politiques, l'AEC, demeure encore au milieu des années 1960 le principal producteur et pourvoyeur de radio-isotopes aux États-Unis[32].

---

[28] *Ibid.*, pp. 189-191.

[29] *Ibid.*, p. 138.

[30] *Ibid.*, p. 199.

[31] Par exemple, l'AEC fournissait gratuitement le combustible des réacteurs privés pour une période sept ans. *Ibid.*, p. 202.

[32] *Ibid.*

1.2.2 Les radio-isotopes comme instruments politiques

Le passage d'une production ponctuelle dans les cyclotrons à une production de masse dans les réacteurs nucléaires ne s'explique pas uniquement par l'avènement d'une nouvelle technologie dont les performances supérieures ont permis de supplanter l'ancienne. La diffusion rapide des radio-isotopes durant les deux premières décennies de la Guerre froide s'explique également par une autre conséquence de la fin du monopole des laboratoires universitaires au profit des agences nucléaires gouvernementales: l'instrumentalisation politique des programmes de distribution des radio-isotopes.

D'abord, la production des radio-isotopes contribue à légitimer la mise sur pied ou la poursuite des programmes nucléaires nationaux. La production des radio-isotopes comme justificatif à la continuation des activités du réacteur X-10 d'Oak Ridge en est un exemple. Au Royaume-Uni, le programme de production des radio-isotopes est de taille modeste relativement au programme nucléaire britannique pris dans sa globalité. En 1953, il ne représente que 1.1 million de livres sur un budget total de 72 millions. Malgré cela, il est régulièrement mis de l'avant par l'UKAEA pour légitimer les énormes dépenses des programmes d'armement et d'énergie. Il sert également à apaiser les appréhensions du public envers les dangers du nucléaire militaire[33]. Les autorités politiques britanniques présentent ainsi leur programme d'isotopes comme « pacifique, bénéfique et épargné par le secret et les rivalités » prévalant autrement dans les relations nucléaires internationales[34].

Même dans des pays aux programmes atomiques d'envergure plus modeste, comme le Danemark, l'Espagne ou l'Inde, l'image de l'« atome pacifique », via ses applications biologiques et médicales, est présente dans la rhétorique des agences

---

[33] Kraft, *op. cit.*, p. 2.

[34] Gowing, *op. cit.*, p. 313.

nucléaires gouvernementales[35]. Il faut également se rappeler qu'au début des années 1950, l'électricité d'origine nucléaire est un projet encore éloigné de la réalité industrielle. Par conséquent, les radio-isotopes constituent le seul produit issu des programmes nucléaires pouvant faire l'objet d'une promotion politique et commerciale, un facteur qui renforce leur place dans les discours promotionnels de l'énergie nucléaire jusqu'au début des années 1960 où les premiers réacteurs électronucléaires sont construits[36].

Aux États-Unis, la politisation de la production des radio-isotopes couvre deux dimensions opposées. En juin 1946, l'interdiction de partager tout produit, matériel fissile ou information en lien avec le programme nucléaire américain est inscrite dans le *McMahon Act*, acte fondateur de l'AEC. Cette disposition induit des restrictions indirectes sur les exportations de radio-isotopes puisque leur envoi à l'étranger est considéré, notamment par Lewis Strauss, influent commissaire de l'AEC connu pour ses positions conservatrices, comme équivalent à la fuite d'informations sur le programme nucléaire américain. L'équivalence établie entre matériaux et informations confidentielles ainsi que la crainte de voir des radio-isotopes envoyés à l'étranger servir aux recherches militaires de l'Union Soviétique, aident alors la frange conservatrice du Congrès américain à maintenir un embargo sur leurs exportations pendant un temps[37]. Ainsi, les isotopes sont instrumentalisés politiquement pour promouvoir une image

---

[35] Pour le Danemark, voir Henry Nielsen et Henrik Knudssen, « The Troublesome Life of Peaceful Atoms in Denmark », *History and Technology*, vol. 26, no. 2, 2010, pp. 91-118. Pour l'Espagne, voir: Francisco Barca-Salom, « Dreams and Needs: The Applications of Isotopes to Industry in Spain in the 1960s », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 317-336; Maria J. Santesmases, « Peace Propaganda and Biomedical Experimentation: Influential Uses of Radioisotopes in Endocrinology and Molecular Genetics in Spain (1947-1971) », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 765-794. Pour l'Inde et le Pakistan, voir: Stuart W. Leslie, « Atomic Structures: The Architecture of Nuclear Nationalism in India and Pakistan », *History and Technology*, vol. 31, no. 3, 2015, pp. 220-242.

[36] Le réacteur nucléaire de Shippingport en Pennsylvanie a été le premier produire de l'électricité en décembre 1957.

[37] Angela Creager, « Radioisotopes as Political Instruments », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 220-222.

pacifique de l'atome, mais le sont également, dans un sens opposé, par une frange conservatrice de la classe politique américaine, ce qui contribue initialement à restreindre leur circulation internationale.

En septembre 1947, le président Harry Truman lève partiellement l'embargo sur les exportations américaines de radio-isotopes. Les demandes émanant de biologistes et de médecins étrangers sont alors acceptées, mais pas celles des physiciens et des ingénieurs. Cette décision arbitraire trace une ligne de partage disciplinaire entre les applications civiles et militaires de l'atome. Alors que la biologie et la médecine sont perçues comme étant des disciplines intrinsèquement 'pacifiques', la physique et le génie sont catégorisées comme disciplines 'militaires' car historiquement associées au développement de la bombe atomique[38]. Cette perception subjective pousse donc l'AEC à prioriser les demandes internationales provenant des médecins et des biologistes. Ce n'est qu'en 1951, face à la montée des exportations de radio-isotopes provenant du Royaume-Uni et du Canada, qui n'appliquent pas le même type de restrictions disciplinaires, que l'embargo américain est intégralement levé[39].

À l'échelle internationale, les radio-isotopes sont instrumentalisés par le gouvernement américain dans le cadre du programme *Atoms for Peace*, opération de propagande mêlant science et politique et participant de la guerre psychologique que se livrent les États-Unis et l'Union Soviétique durant les premières années de la Guerre froide[40]. Prononcé par le président Dwight Eisenhower, le 8 décembre 1953, au siège des Nations Unies, le discours intitulé *Atoms for Peace* intègre une stratégie diplomatique et politique aux dimensions multiples. Officiellement, l'objectif des

---

[38] *Ibid.*, p. 222.

[39] *Ibid.*, p. 229.

[40] Sur la dimension propagandiste du discours *Atoms for Peace*, voir: Kenneth Osgood, *Total Cold War: Eisenhower's Secret Propaganda Battle at Home and Abroad*, Lawrence, University Press of Kansas, 2006.

États-Unis est de proposer un cadre de discussion et de coopération international visant à limiter la prolifération des armes atomiques. Devant la course aux armes nucléaires entamée dès la fin des hostilités de la Seconde Guerre mondiale par les principales nations alliées, *Atoms for Peace* promeut une vision de l'énergie atomique porteuse de prospérité économique et de progrès humain[41]. Dans les faits, la rhétorique d'*Atoms for Peace* se concrétise par l'élaboration de multiples programmes de coopération internationale dans lesquels le gouvernement des États-Unis fournit une assistance matérielle et une expertise technoscientifique aux pays souhaitant développer des programmes nucléaires civils et en particulier la production de radio-isotopes[42]. Comme cela sera abordé au chapitre V de la thèse, ces programmes 'pacifiques' de coopération vont paradoxalement contribuer à la prolifération nucléaire et à la réémergence des questions sécuritaires relatives à la circulation internationale des radio-isotopes.

1.2.3 Les applications médicales et biologiques des radio-isotopes

La promotion politique de l'usage des radio-isotopes et les programmes d'exportations mis en place aux États-Unis, au Royaume-Unis ou au Canada, permettent aux scientifiques d'Amérique du Nord et d'Europe d'y avoir accès en plus grande quantité, qualité et diversité. Selon l'historien Nestor Herran, de la fin des années 1940 au milieu des années 1960, une relation symbiotique s'établit ainsi entre les techniques isotopiques et les sciences biomédicales. D'un côté, l'application des

---

[41] Sur la genèse du discours « Atoms for Peace », voir Richard G. Hewlett et Jack M. Holl. *Atoms for Peace and War: The Eisenhower Administration and the Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press, 1990.

[42] Des travaux ont déjà traité des impacts technologiques et politiques du programme *Atoms for Peace* dans plusieurs pays. Voir: Gisela Mateos, « 'We Are Not a Rich Country to Waste our Resources on Expensive Toys': Mexico's Version of *Atoms for Peace* », *History and Technology*, vol. 31, no. 3, pp. 243-258; John DiMoia, « Atoms for Sale?: Cold War Institution-Building and the South Korean Atomic Energy Project, 1945–1965 », *Technology and Culture*, vol. 51, no. 3, 2010, pp. 589-618; Maria Rentetzi, « " Reactor is Critical ". Introducing Nuclear research in post war Greece », *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, vol. 60, no. 164, 2010, pp. 137-154.

radio-isotopes à la recherche en biologie et en médecine aide à contrebalancer l'image négative et évacuer les peurs de la dimension militaire de l'énergie nucléaire. De l'autre, les programmes de distributions d'isotopes procurent aux scientifiques d'importantes ressources financières et des outils technoscientifiques nouveaux pour faire avancer leurs recherches[43].

De par le passage à une production de masse, l'usage scientifique des radio-isotopes connaît un essor fulgurant après la Seconde Guerre mondiale. Par exemple, entre 1945 et 1956, le pourcentage d'études publiées dans la revue centrale de biochimie *Journal of Biological Chemistery* mentionnant un recours expérimental à des radio-isotopes passe de 1 à 39%[44]. Durant cette période, l'AEC effectue plus de 11400 envois de radio-isotopes, dont 45% sont utilisés en thérapie médicale, 27% en physiologie animale et 3.7% en recherche industrielle. D'une moyenne de 170 par année dans la période 1930-1939, le nombre d'articles scientifiques mentionnant l'usage de radio-isotopes passe à 1100 dans la période 1945-1955 et à 6300 dans la période 1955-1965[45]. Dans cette décennie, le nombre d'envois de radio-isotopes effectués par l'AEC passe à 52,600.

Au cours des années 1950, les radio-isotopes se répandent donc largement dans les laboratoires de biologie, donnant naissance à une nouvelle branche de la radiobiologie qui vient s'ajouter à celle basée sur le recours aux rayons X[46]. L'utilisation du phosphore-32 dans l'étude des bactériophages, un type de virus qui

---

[43] Nestor Herran, « Isotope Networks: Training, Sales and Publications, 1946-1965 », *Dynamis*, vol. 29, 2009, p. 285.

[44] Englebert Broda, *Radioactive Isotopes in Biochemsitry*, Amsterdam, Elsevier, 1960, p. 2.

[45] Herran, « Isotope Networks », *op. cit.*, p. 291 et pp. 300-301.

[46] Angela Creager et Maria Santesmases, « Radiobiology in the Atomic Age: Changing Research Practices and Policies in Comparative Perspectives », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 637-647.

n'affecte que les bactéries, contribue grandement à l'essor de la biologie moléculaire et à la standardisation de l'usage des composés radio-marqués par les biologistes et les généticiens[47]. Des appareils de laboratoire faisant intervenir des radio-isotopes, tels les compteurs à scintillation liquide, entrent également dans les pratiques routinières des laboratoires américains de biomédecine[48]. La généralisation des pratiques impliquant des produits ou des techniques radioactives dans la biologie et la médecine, par leur ampleur et leur portée, a d'ailleurs amené les historiens Timothy Lenoir et Margaret Hays à qualifier le programme de l'AEC de « Projet Manhattan pour la biomédecine »[49].

Si la biologie utilise les radio-isotopes surtout comme traceurs radioactifs, la médecine y a plutôt recours comme source de radiation. Cela implique que les doses de radioactivité nécessaires pour la médecine sont plus élevées d'un ordre de mille que pour la recherche biologique[50]. Autre différence entre les deux disciplines, la médecine exploite moins les radio-isotopes dans la recherche que dans la thérapie ou le diagnostic. Ces deux raisons expliquent pourquoi la production de masse des radio-isotopes s'est orientée vers les applications médicales plutôt que biologiques. Dans le domaine de la thérapie, les applications se restreignent initialement aux maladies où l'on utilisait auparavant le radium. Le cobalt-60 (Co-60) figure parmi les radio-isotopes qui font l'objet d'une attention soutenue dans la deuxième moitié des années 1940. Le Co-60 est découvert en 1936 et sa demi-vie établie en 1938, mais son intérêt pour la

---

[47] Angela Creager, « Phosphorus-32 in the Phage Group: Radioisotopes as Historical Tracers of Molecular Biology », *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 40, no. 1, 2009, pp. 29-42.

[48] Hans-Jorg Rheinberger, « Putting Isotopes to Work: Liquid Scintillation Counters, 1950-1970 », in Bernward Joerges et Terry Shinn, *Instrumentation: Between Science, State and Industry*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishing, 2001, pp. 143-174.

[49] Thimoty Lenoir et Margaret Hays, « The Manhattan Project for Biomedicine », in Philip R. Sloan (dir.), *Controlling Our Destinies: Historical, Philosophical, Ethical, and Theological Perspectives on the Human Genome Project*, South Bend, University of Notre Dame Press, 2000, pp. 19-46.

[50] Creager, « Nuclear Energy in the Service of Biomedicine », *op. cit.*, p. 653.

médecine n'est perçu qu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale. En effet ce n'est qu'en 1946 que le professeur de radiothérapie à l'Université Cambridge Joseph Mitchell publie un article dans le *British Journal of Radiology* où il propose d'appliquer le Co-60 dans les soins de radiothérapie[51].

Un autre médecin britannique, Val Mayenord, qui a séjourné quelques mois en 1945 aux laboratoires canadiens de Chalk River, publie deux ans plus tard dans le *Canadian Journal of Research* un article important sur les propriétés du rayonnement gamma du Co-60, qu'il confirme être un substitut thérapeutique idéal au radium[52]. Avec un rayonnement gamma similaire à celui du Ra-226, le Co-60 requiert l'usage de quantités plus faibles, puisqu'un seul gramme de ce radio-isotope équivaut à une quantité de radium variant entre 32 à 96 grammes[53]. Surtout, le prix d'un gramme de radium oscille à la fin des années 1940 entre 15 et 20 mille dollars, tandis que le coût de production du Co-60, de par sa provenance des réacteurs nucléaires, est virtuellement nul. D'un point de vue thérapeutique, le Co-60 a aussi l'avantage d'être rapidement excrété par l'organisme humain. Alors que le radium a tendance à être métabolisé et à se déposer sur les os où il peut être stocké indéfiniment, irradiant la moelle osseuse de particules alpha, le Co-60 n'émet pas de telles radiations et ne se concentre pas dans des organes ni sur le squelette[54].

Le Co-60 remplace non seulement le radium dans ses formes établies de traitement des tumeurs, mais il est également à l'origine d'un nouveau mode d'administration des radiations, la téléthérapie. Cette nouvelle branche de la

---

[51] Wilfrid Eggleston, *Canada's Nuclear Story*, London, Harrap, 1965, pp. 257-259.

[52] V.W. Mayneord et A.J. Cipriani, « The Absorption of Gamma-Rays from Co^{60} », *Canadian Journal of Research*, vol. 25, no. 6, 1947, pp. 303-314.

[53] Paul Litt, *Isotopes and Innovation. MDS Nordion's First Fifty Years*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2000, p. 63.

[54] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 315.

radiothérapie se distingue des soins au radium par le fait qu'elle s'appuie sur l'administration de faisceaux de radiation générés à partir d'une source disposée à une certaine distance du patient. Comparativement au radium, qui s'administre dans des petits conteneurs placés très proche ou contre la zone à traiter, la téléthérapie constitue un traitement au ciblage plus précis et beaucoup moins destructif pour les tissus sains avoisinants les tumeurs. Preuve de la popularité croissante que prend le Co-60 dans la thérapie médicale au début des années 1950, c'est parmi tous les radio-isotopes rendus disponibles par l'AEC quasiment le seul pour qui la demande surpasse l'offre[55]. Dans les années 1960, le Co-60 trouve une autre application, plus controversée, en agriculture dans l'irradiation des aliments pour en allonger la durée de conservation[56]. Dans ce domaine, la technologie des irradiateurs gamma au cobalt supplante les appareils à rayon X, qui ont de plus faibles puissances de pénétration et un potentiel de stérilisation inférieur, ainsi que les accélérateurs linéaires Van de Graf, beaucoup plus coûteux à fabriquer[57].

Toujours dans les années 1950, une différentiation dans l'usage des radio-isotopes émerge dans le domaine de la médecine, entre thérapie et diagnostic. D'une part, les radio-isotopes à haute intensité d'émission et à longues demi-vies, tels que le Co-60 (demi-vie de 5.27 ans) ou le césium-137 (demi-vie de 30.17 ans), sont utilisés comme sources externes de radiation et dominent la radiothérapie. D'autre part, les techniques de diagnostic sont basées sur l'utilisation de radio-isotopes à plus courtes demi-vies, tels que l'iode-132 (138 minutes) ou le fluor-18 (110 minutes). L'émergence de nouvelles techniques de thérapie et de diagnostic est avant tout motivée par le souci de réduire les doses radioactives élevées reçues par les patients durant les traitements.

---

[55] *Ibid.*, p. 325.

[56] Karin Zachmann, « Atoms for Peace and Radiation for Safety – How to Build Trust in Irradiated Foods in Cold War Europe and Beyond », *History and Technology*, vol. 27, no. 1, pp. 65-90.

[57] Nicholas Buchanan, « The Atomic Meal: The Cold War and Irradiated Foods, 1945-1963 », *History and Technology*, vol. 21, no. 2, 2005.

Les techniques de diagnostic se développent en parallèle des instruments de détection de la radioactivité en profondeur dans le corps humain, dont la tomographie à émission de positron, ou PET scan, devient la plus populaire au cours des années 1960[58]. L'invention du scanner rend également possible le déplacement des diagnostics médicaux des tests de fonctionnalités physiologiques vers l'imagerie médicale. C'est dans ces deux contextes, volonté de diminuer le temps d'exposition des patients aux radiations et développement des techniques d'imagerie médicale, que se développe au début des années 1950 un intérêt scientifique pour le téchnétium-99m (Tc-99m) au Brookhaven National Laboratory (BNL)[59].

Les effets secondaires de l'absorption de l'iode-131, qui causent des leucémies chez certains patients, poussent les chercheurs de ce laboratoire à chercher un isotope de l'iode qui exposerait les malades à moins de radiations après son ingestion. Ces efforts aboutissent en 1958 au développement d'un générateur d'iode-132 à partir de son isotope parent, le tellure-132. À l'occasion de la détection de traces d'impuretés dans ce radio-isotope, qui s'avèrent être du Tc-99m, les chercheurs du BNL réalisent qu'avec des générateurs similaires à ceux de l'iode-132, il serait possible de produire du Tc-99m à partir de son isotope parent, le molybdène-99 (Mo-99)[60]. L'usage du Tc-99m comme traceur radioactif se répand dans les pratiques de diagnostic médical nucléaire au cours des années 1960 pour trois raisons. Premièrement, c'est un radio-isotope à courte demi-vie (6 heures) dont les radiations sont inoffensives pour le patient. Le Tc-99m se désintègre en effet en un autre radio-isotope, le Tc-99[61], à demi-

---

[58] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 311; Henry N. Wagner, « A Brief History of Positron Emission Tomography », *Seminars in Nuclear Medicine*, vol. 28, no. 3, 1998, pp. 213-220.

[59] Powell Richards, *Technetium-99m: The Early Days*, Brookhaven, Brookhaven National Laboratory, BNL-43197, 1989.

[60] William C. Eckelman, « Unparalleled Contribution of Technetium-99m to Medicine Over Five Decades », *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 2, no. 3, 2009, p. 364.

[61] Le technétium a été découvert en 1937 par le physicien italien Emilio Segrè. C'est le premier élément découvert qui n'existe que sous forme radioactive et ne possède donc pas d'isotope stable.

vie très longue (210 mille ans), ce qui signifie que le patient traité ne reçoit qu'une infime quantité de radiation sur l'ensemble de sa vie. Deuxièmement, le Tc-99m a l'avantage d'être facilement absorbé par les organes du corps et s'incorpore dans plusieurs composés radiochimiques utilisés dans le scan de la circulation sanguine, des organes internes et des fractures. Enfin, son unique raie d'émission gamma, de 140 keV, est assez élevée pour traverser le corps mais suffisamment faible pour être clairement enregistrée par des caméras[62].

En 1966, Powell Richards, chercheur au BNL, améliore la conception des générateurs de radio-isotopes qu'il surnomme vaches (*cows*), pour leur capacité à 'traire' des isotopes de demi-vies courtes à partir de leurs isotopes parents aux demi-vies plus longues[63]. Au début des années 1970, l'administration du Tc-99m en injection intraveineuse, orale ou gazeuse se répand dans plusieurs procédures diagnostiques, notamment dans l'imagerie du coeur, de la thyroïde, des poumons, des os et du foie (Figure 1.1). L'usage du Tc-99m est renforcé par le développement et l'amélioration des gamma-caméras, ou caméras à scintillation, qui permettent de reproduire de façon amplifiée sur des images en deux dimensions le rayonnement gamma émis par des radio-isotopes injectés dans le corps[64].

Voir: de Frederick Jonge et Ernest Pauwels, « Technetium, the Missing Element », *European Journal of Nuclear Medicine*, vol. 23, no. 2, 1996, pp. 336-344.

[62] Litt, *op. cit.*, p. 171.

[63] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 347.

[64] Eleanore Tapscott, « Nuclear Medicine Pioneer, Hal O. Anger, 1920–2005 », *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 33, no. 4, 2005, pp. 250-253.

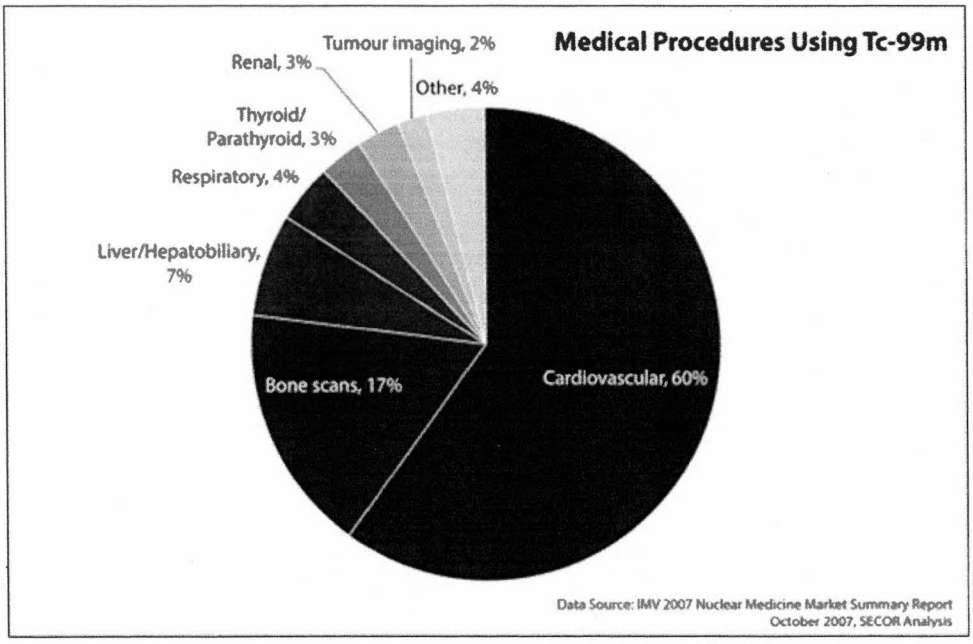

Figure 1.1 Procédures médicales faisant intervenir le Tc-99m[65]

En raison de sa demi-vie n'excédant pas 6 heures, le Tc-99m n'est pas obtenu directement dans les réacteurs nucléaires. On produit plutôt son isotope parent, le Mo-99, qui grâce à sa demi-vie de 60 heures, procure aux producteurs un délai raisonnable pour réaliser son transfert vers les laboratoires de compagnies radio-pharmaceutiques. Ces dernières en extraient ensuite le Tc-99m grâce aux 'vaches à technétium'. Selon le type de diagnostic recherché, le Tc-99m est ensuite intégré dans un composé radio-marqué, puis conditionné dans des kits[66], généralement des solutions salines prêtes à être administrées sous forme d'injections, qui sont aussitôt acheminés vers les hôpitaux ou les pharmacies. Un exemple d'application du Tc-99m est la scintigraphie pulmonaire où le radio-isotope, intégré dans une solution d'albumine, est injecté puis retenu dans les vaisseaux sanguins des poumons. L'imagerie médicale permet alors de

[65] Image tirée de: https://www.triumf.ca/cyclomed99/problem, consulté le 22 décembre 2015.

[66] Eckelman, *op. cit.*, pp. 364-365.

détecter les vaisseaux où la circulation sanguine est réduite ou obstruée et de diagnostiquer ainsi une éventuelle embolie pulmonaire[67].

Dans cette section, la volonté de s'intéresser aux applications médicales du Tc-99m et du Co-60 n'était pas fortuit, dans la mesure où ces deux radio-isotopes constituent, du début des années 1950 à la fin des années 2000, les deux produits phares du programme canadien des radio-isotopes. La section suivante restitue le contexte historique dans lequel cette production s'est instituée et développée au Canada. Elle s'intéresse également à la manière dont les relations se sont structurées entre les activités de production et de commercialisation de ces radio-isotopes.

1.3 Production industrielle et commercialisation des radio-isotopes au Canada

La naissance d'un programme puis le développement d'une industrie nucléaire au Canada sont avant tout le fruit d'une contingence historique. L'« aventure » nucléaire canadienne débute en plein cœur de la Seconde Guerre mondiale, avec l'implantation à l'Université de Montréal d'un laboratoire secret visant à soutenir les recherches du projet Manhattan sur le développement de la bombe atomique. Les scientifiques œuvrant dans ce laboratoire, pour la plupart britanniques ou réfugiés de guerre européens, étaient auparavant basés au Royaume-Uni, avant que les menaces de bombardements allemands ne rendent la poursuite de leurs travaux impossible à l'université Cambridge. L'équipe est déplacée au Canada à l'automne 1942, avec pour objectif de développer des techniques de production de plutonium dans une 'pile' nucléaire modérée à l'eau lourde[68].

---

[67] « Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux », 30 novembre 2009, p. 11. https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-fra.pdf, consulté le 15 juin 2017.

[68] Pour une histoire du laboratoire de Montréal et de ses recherches, voir: Robert Bothwell, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal, Agence d'ARC, 1988, pp. 1-50.

À la fin de la guerre, les recherches réalisées au laboratoire de Montréal forment l'assise scientifique du programme nucléaire des laboratoires nucléaires gouvernementaux de Chalk River, site isolé sur les rives ontariennes de l'Outaouais, à 200 kilomètres au nord-ouest d'Ottawa. Dans la continuité des travaux montréalais, l'équipe de Chalk River parvient à mettre au point et à faire fonctionner en septembre 1945 le premier réacteur nucléaire en dehors des États-Unis. Ce réacteur de démonstration, baptisé ZEEP (Zero Energy Experimental Pile), sert de modèle et de base expérimentale à la construction du premier réacteur de recherche d'envergure à Chalk River, le NRX (National Research eXperimental), qui est mis en service en juillet 1947. Dans le mois suivant son démarrage, le NRX produit son premier radio-isotope, du sodium-24, et le 31 octobre, un premier envoi de cérium-144 est effectué à l'Université de la Saskatchewan.

À mesure que les scientifiques et les ingénieurs de Chalk River explorent les fonctionnalités du NRX, ils découvrent sa capacité à produire des flux neutroniques pouvant atteindre des intensités 10 fois supérieures à celles de n'importe quel autre réacteur au monde. Cette propriété, due à l'utilisation de l'eau lourde dans le refroidissement et la modération du réacteur, permettrait en théorie au NRX de produire des radio-isotopes en grande quantité. À titre comparatif, dans le réacteur américain d'Oak Ridge, il faut bombarder dix fois plus de cobalt pour produire une quantité de Co-60 similaire à celle que peut fournir le NRX. Le rythme de production dans ce réacteur demeure toutefois modeste puisqu'en décembre 1950, le nombre d'envois mensuels ne s'élève qu'à 35, principalement des radio-isotopes aux usages établis: carbone-14, cobalt-60, iode-131 et phosphore-32. Avant la création, en 1952, de la compagnie de la Couronne Énergie Atomique du Canada Limitée (ÉACL), la distribution des radio-isotopes produits à Chalk River est prise en charge par la compagnie minière d'uranium Eldorado, nationalisée par le gouvernement canadien en 1943 et d'abord spécialisée dans la production et la vente de radium.

Au Canada, les premières techniques de soin des tumeurs cancéreuses à l'aide du radium sont appliquées au début des années 1920, en particulier au sein de l'Institut du Radium, fondé à Montréal en 1923[69]. Le radium demeure à cette époque un produit rare, car les techniques de raffinement du minerai dont il est extrait, la pechblende, sont extrêmement coûteuses. Plusieurs tonnes sont généralement nécessaires pour obtenir un seul gramme de radium. À la fin des années 1920, le prix du gramme atteint un sommet de 180 000 dollars[70]. Le marché mondial du radium est alors dominé par deux compagnies minières: l'Union Minière du Haut-Katanga, présente au Congo belge, et l'Eldorado au Canada. En 1932, cette dernière produit environ 2 grammes de radium par mois[71], destinés au marché médical mais également à certaines applications industrielles, telles que les sondes au radium-béryllium utilisées dans la détection de défauts dans les structures en acier où dans l'exploration pétrolière. Le radium d'Eldorado entre également dans la manufacture de l'Ionotron, un instrument utilisé dans la fabrication des tubes cathodiques.

Même si les activités du marché du radium sont interrompues durant la guerre, la production de la minière canadienne se poursuit, si bien qu'elle finit par se retrouver avec des stocks excédentaires. En août 1946, Eldorado conclut un accord avec la compagnie U.S. Radium, en vue de faciliter l'écoulement de ses réserves aux États-Unis. Elle s'engage par ailleurs à commercialiser sur le territoire canadien les radio-isotopes que l'U.S. Radium se procurera auprès de l'AEC, à partir du moment où ceux-ci seront disponibles à l'exportation[72]. Ce positionnement stratégique sur un éventuel marché des radio-isotopes se fait à l'initiative du président de l'Eldorado, William

---

[69] Charles Hayter, *An Element of Hope: Radium and the Response to Cancer in Canada, 1900-1940*, Montreal, McGill-Queen's University Press, 2005, pp. 33-51.

[70] Litt, *op. cit.*, p. 20.

[71] Robert Bothwell, *Eldorado: Canada's National Uranium Company*, Toronto, Toronto University Press, 1984, p. 105.

[72] Litt, *op. cit.*, p. 13.

Bennett, qui veut également faire bénéficier son entreprise d'une expérience qui lui permettra plus tard de commercialiser les radio-isotopes produits au Canada dans le futur réacteur NRX. Bennett anticipe également que les réseaux commerciaux du radium aux États-Unis et en Europe seront très utiles à son entreprise à l'ère atomique des radio-isotopes. Afin d'assurer cette transition dans les meilleures conditions, une branche de l'Eldorado dédiée aux radio-isotopes est créée à Ottawa et confiée à un géophysicien du nom de Roy Errington. Ce dernier s'attèle, entre 1946 et 1951, à construire et consolider un réseau de vente et de distribution de radium aux États-Unis et en Europe. En 1948, il visite également les installations de Tracerlab, l'une des premières entreprises américaines à distribuer les radio-isotopes produits par l'AEC.

À la fin des années 1940 et au début des années 1950, le souhait d'Eldorado de s'associer aux laboratoires de Chalk River pour commercialiser les radio-isotopes du NRX rencontre l'assentiment des personnalités politiques influentes du programme nucléaire canadien émergeant. C'est le cas de C.J. Mackenzie, président du Conseil national de la recherche du Canada (CNR) puis d'ÉACL à partir de 1952, ou de C.D. Howe, influent ministre de la Reconstruction et de l'approvisionnement. Leur soutien au programme des radio-isotopes est motivé par la volonté de convaincre les décideurs politiques et le public des bénéfices économiques et sociaux pouvant être retirés de l'exploitation de l'énergie atomique, domaine encore cantonné à la recherche scientifique. Par exemple, en mars 1953, Mackenzie explique dans un rapport soumis au Parlement canadien que: « the large-scale production of isotopes and their use in research, industry and medicine constitute an important atomic energy application which already has had its effect on the prosperity, comfort and well-being of mankind »[73].

[73] Cité dans Eggleston, *op. cit.*, p. 275.

Pour Mackenzie, la promotion des radio-isotopes, dont la production demeure une activité secondaire du programme nucléaire canadien au début des années 1950, sert également à justifier les importants budgets investis par le CNR: « the advantages resulting from the use of radio-isotopes are already so great that many people are convinced that the ultimate benefits accruing from their use will alone be worth all the money spent on atomic energy developments »[74]. À titre de comparaison, le coût total de la construction du NRX s'est élevé à 10 M$, tandis qu'en 1951, le budget alloué à la R&D des radio-isotopes s'établissait à 500 mille dollars sur une période de cinq ans, soit un montant de 100 mille dollars par année[75].

Cet enthousiasme est cependant beaucoup moins partagé du côté des scientifiques et ingénieurs de Chalk River qui considèrent qu'Eldorado, une minière, ne possède pas les compétences techniques requises pour la manipulation des produits nucléaires que sont les radio-isotopes. De plus, le NRX ayant été conçu en priorité comme outil pour la recherche, ils considèrent comme une perte de temps les plages horaires consacrées à l'irradiation des échantillons destinés à produire des radio-isotopes, une activité commerciale et sans intérêt scientifique[76]. Ce constat est confirmé par l'historien d'ÉACL, Robert Bothwell, qui rapporte que Chalk River « ne plaçait pas la production d'isotopes au sommet des priorités du NRX », les premières années de fonctionnement du réacteur étant surtout consacrées à l'étude de l'effet du rayonnement neutronique sur les barres de combustible du réacteur[77]. Robert G. Hart, ingénieur qui entame sa carrière à Chalk River en 1948 et qui sera nommé trente ans plus tard vice-président exécutif à la recherche d'ÉACL, abonde dans le même sens lorsqu'il se souvient que la mobilisation des installations de Chalk River pour la

---

[74] *Ibid.*, p. 276.

[75] Bothwell, *Nucléus*, *op. cit.*, p. 107 et p. 152.

[76] Litt, *op. cit.*, pp. 50-51.

[77] Bothwell, *Nucléus*, *op. cit.*, p. 149.

production de radio-isotopes: « caused some considerable chagrin to some of the Chalk River scientists involved who were concerned that the R&D budget would end up subsidizing a major commercial activity »[78].

Une entente est finalement conclue entre Chalk River et Eldorado en septembre 1949. L'entente n'inclut initialement que la distribution du Co-60, radio-isotope choisi car ses applications coïncident avec celles du radium où se spécialise Eldorado. L'entente précise également que Chalk River pourra continuer à distribuer gratuitement le cobalt irradié aux hôpitaux et aux universités canadiennes qui lui en feraient directement la demande, ce qui témoigne une nouvelle fois de l'état d'esprit plus scientifique qu'entrepreneurial des opérateurs du NRX. En mars 1951, l'entente est étendue à tous les radio-isotopes produits dans le NRX et spécifie une liste de prix auxquels l'Eldorado devrait les acquérir auprès de Chalk River. À l'instar de ce qui avait été mis en place aux États-Unis par l'AEC, ces prix couvrent une partie des coûts directs de production, mais pas ceux de la recherche, de la construction du NRX ni de son opération[79]. En août 1952, la division des radio-isotopes de l'Eldorado est logiquement intégrée en tant que filiale d'ÉACL, entreprise de la Couronne créée quelques mois auparavant pour conduire la recherche et commercialiser les applications pacifiques de l'énergie nucléaire au Canada. L'ex branche de l'Eldorado prend alors le nom de Division des produits commerciaux (DPC), désignation qui illustre bien le fait que les radio-isotopes constituent encore à cette époque le seul produit commercial du programme nucléaire canadien.

L'incorporation de la DPC à ÉACL lui procure une plus grande proximité avec les laboratoires de Chalk River, qui lui ont déjà transféré la technologie nécessaire au

---

[78] Robert G. Hart, « Business Development, Revenue Generation and the Impact of a Changing Environment », in Donald G. Hurst (dir.), *Canada Enters the Nuclear Age. A Technical History of Atomic Energy of Canada as Seen from its Research Laboratories*, Montréal, McGill-Queen's Unievrsity Press, 1997, p. 395.

[79] *Ibid.*, p. 52.

traitement des radio-isotopes bruts et à leur transformation en produits médicaux utilisables par les hôpitaux et les laboratoires scientifiques. La DPC bénéficie des compétences des scientifiques d'ÉACL, souvent gratuitement, dans plusieurs domaines. Bernard Ullyett, qui supervise en 1952 les opérations relatives aux radio-isotopes à Chalk River, avant d'occuper trois plus tard des fonctions similaires au sein de la DPC, rappelle ainsi qu'après son affiliation à ÉACL: « [DPC] was more able to consult with the nuclear physicists at Chalk River and to obtain services, such as glassblowing, radioisotope measurements, design concepts for laboratory equipment, and dosimetry from several of AECL divisions »[80]. Lorsque deux ans plus tard, la DPC déménage dans des locaux plus vastes et modernes dans la banlieue d'Ottawa, ÉACL décide que les coûts directs de son approvisionnement en radio-isotopes seront désormais intégralement facturés à sa filiale. Cependant, les coûts liés à l'irradiation dans les réacteurs de recherche ne s'appliquent que sur la base d'une tarification au coût marginal, définie par Chalk River comme une pratique où: « the main product, in this case R&D, bears the total overhead cost of the operation while the by-product, in this case radioisotope production, bears only its own direct costs »[81].

1.3.1 Le cobalt-60 et la téléthérapie

Au fil des premières années d'opération du NRX, ingénieurs et scientifiques des laboratoires Chalk River, qui ont également été intégrés à ÉACL, se rendent compte que le Co-60 est un produit que leur réacteur de recherche, grâce à son haut flux neutronique, peut produire en quantité et en qualité supérieures à n'importe quel autre réacteur au monde. De son côté, la DPC est consciente que son activité commerciale est totalement dépendante de la disponibilité du réacteur de recherche de Chalk River. La compagnie décide alors de s'engager, à côté du conditionnement et de la distribution

---

[80] Bernard Ullyett, « Radioisotopes », in Donald G. Hurst (dir.), *op. cit.*, p. 100.

[81] Roger G. Hart, *op. cit.*, p. 395.

des radio-isotopes, dans le développement de technologies dérivant de leur utilisation, ce qui lui permettrait de développer une expertise propre. C'est dans ce contexte et celui de l'abondance du Co-60 produit par le NRX qu'elle se lance, en 1949, dans la conception d'une machine de thérapie basée sur le rayonnement du cobalt, désignée en anglais par le nom générique de Beam-Therapy Unit (BTU). En octobre 1951, la première unité de thérapie au cobalt est construite par la DPC. Baptisée Eldorado, elle est mise en service la même année dans un hôpital de London, en Ontario. En décembre de la même année, Harold E. Jones, radiologiste et professeur à l'Université de la Sakatchewan, grâce à une source de cobalt provenant de Chalk River, publie le premier rapport médical formel sur la thérapie au cobalt dans la revue *Nature*[82].

Preuve de la dimension pionnière de l'activité de la DPC dans le domaine de la téléthérapie, le premier prototype américain d'une machine similaire à l'Eldorado n'arrive que dix-huit mois après la première canadienne[83]. Six des premières machines de téléthérapie installées dans des hôpitaux aux États-Unis proviennent d'ailleurs du Canada. Le retard des Américains s'explique par le fait qu'ils ne possèdent pas, comme c'est le cas à Chalk River, d'un système de fabrication intégré de sources de Co-60 (grâce au NRX) et de machines de traitement (grâce à l'Eldorado)[84]. La DPC est aussi la première entreprise à commercialiser ce type de machines en Union Soviétique et en Chine où les compagnies américaines ne peuvent vendre leur technologie pour des raisons politiques[85]. Entre 1951 et 1953, des améliorations apportées à l'Eldorado aboutissent au développement d'une nouvelle machine, le Theratron B. Contrairement

---

[82] H.E. Jones *et al.*, « 1000-Curie Cobalt-60 Units for Radiation Therapy », *Nature*, vol. 168, pp. 1035-1036.

[83] Peter Almond, *Cobalt Blues: The Story of Leonard Grimmett, the Man Behind the First Cobalt-60 Unit in the United States*, New York, Springer, 2013.

[84] Creager, *Life Atomic*, *op. cit.*, p. 320.

[85] Ellen Leopold, *Under the Radar. Cancer and the Cold War*, New-Jersey, Rutgers University Press, 2009, pp. 71-72.

à l'Eldorado qui ne permet qu'une irradiation statique à partir d'une source positionnée à la verticale du patient, le Theratron B permet de déplacer la source d'irradiation dans un mouvement rotatoire, pour un traitement continu à partir de différentes positions[86]. Une version simplifiée de l'appareil, le Theratron Junior, destinée à des hôpitaux aux besoins plus modestes est également commercialisée[87].

Entre 1953 et 1955, près d'une cinquantaine de BTU canadiennes sont vendues sur le territoire nord-américain, principalement aux États-Unis, qui constituent le marché principal de la DPC. À la fin de la décennie, période où les machines de thérapie au cobalt deviennent mondialement populaires, ce nombre passe à près de 150[88]. Selon des données collectées par l'AIEA, en 1959, environ 700 machines de téléthérapie au cobalt sont installées dans 44 pays à travers le monde[89]. En l'espace d'une décennie, la DPC se voit propulsée d'un modeste distributeur de produits radioactifs à l'un des leaders mondiaux d'une catégorie hautement spécialisée de matériel médical. Ses principaux concurrents dans le domaine des applications médicales du Co-60 commencent à émerger au milieu des années 1950, parmi lesquels l'américain Picker X-Ray et l'allemand Siemens. Les débuts de la production de Co-60 dans les réacteurs privés de General Electric et Westinghouse permettent également aux États-Unis d'atténuer leur dépendance aux sources canadiennes[90]. Toutefois, l'avantage concurrentiel que confère à la DPC les flux neutroniques du NRX, auquel s'ajoute désormais le réacteur NRU (National Research Universal), mis en service en 1957, lui

---

[86] Litt, *op. cit.*, p. 84.

[87] David Panatalony, « Biography of an Artifact: The Theratron Junior and Canada's Atomic Age », *Scientia Canadensis*, vol. 34, no. 1, 2011, pp. 51-63.

[88] Litt, *op. cit.*, p. 90.

[89] Boudia, « Economy of Promises », *op. cit.*, p. 248.

[90] Litt, *op. cit.*, p. 97.

permettent de conserver un leadership technologique et commercial sur le marché des BTU.

À partir de la fin des années 1950, la DPC développe en plus des machines de téléthérapie d'autres technologies dérivées du Co-60, tels que les irradiateurs d'aliments pour l'agriculture ou les 'Gammacell', appareils qui appliquent l'irradiation au cobalt à la stérilisation des instruments médicaux. Néanmoins, le succès de ces deux produits, surtout de l'irradiateur d'aliments à l'immense potentiel commercial, est bien plus modeste que celui des BTU. Les controverses sociotechniques relatives à la pratique industrielle de l'irradiation des aliments, souvent associée par le public aux risques mortels de la radioactivité, contribuent notamment à freiner la diffusion de cette technologie[91]. Malgré le déclin du recours au Co-60 dans la thérapie médicale, la CPD demeure dans les décennies suivantes le principal pourvoyeur mondial de ce radio-isotope. Au milieu des années 1980, ses parts sur ce marché, désormais concentré essentiellement dans l'irradiation des aliments, s'élèveront toujours à 90%[92].

La première moitié des années 1960 est une période où le marché en dollars du Co-60 explose, connaissant une croissance de plus de 1500%. La quantité de radio-isotopes distribuée par la DPC mesurée en Curie connaît également une augmentation spectaculaire de 2400%, grâce aux puissantes sources de cobalt nécessaires au fonctionnement des BTU[93]. La croissance rapide de la compagnie due au commerce du Co-60 se voit également dans l'augmentation de son personnel qui passe, entre 1946 et 1974, de 3 à 570 employés et de ses revenus, qui grimpent de 230 mille à 11.4 M$. Dans cette même période, la compagnie vend près de 1100 BTU à travers le monde[94].

---

[91] Élisabeth Gauthier, « Social Representations of Risk in the Food Irradiation Debate in Canada, 1986-2002 », *Science Communication*, vol. 32, no. 3, 2010, pp. 295-329.

[92] Litt, *op. cit.*, p. 200.

[93] *Ibid.*, p. 115.

[94] *Ibid.*, p. 168.

Si les revenus de la DPC augmentent constamment au cours des années 1960, ils finissent par stagner dans les 1970 où la compagnie ne réalise des bénéfices que rarement (Tableau 1.1). Ses pertes sont principalement dues à l'accroissement de la compétition sur le marché américain des machines de téléthérapie. Les BTU de la CPD sont notamment concurrencées, et bientôt déclassées, par l'émergence d'une nouvelle gamme d'appareils, les accélérateurs linéaires pour la radiothérapie. Une compagnie californienne en particulier, Varian, impose rapidement son produit sur le marché, suivie par Vickers du Royaume-Uni et Toshiba du Japon. Les accélérateurs linéaires, plus coûteux à construire que les BTU, sont néanmoins plus faciles à manipuler. Surtout, basés sur les rayons X, ils affranchissent les hôpitaux de leur dépendance aux sources de cobalt, que la CPD continue à fournir à ses clients sur une base régulière après leur avoir vendu l'un de ses modèles de BTU.

Période	**Revenus (M$)**	**Profits/Pertes (M$)**
1947-52	2.66	1.39
1953-59	11.25	-0.286
1960-69	61.50	3.50
1970-74	53.55	-1.63
1975-78	81.42	-2.77

Tableau 1.1 Sommaires des revenus de la DPC (1947-1978)[95]

La reconfiguration du marché de la téléthérapie induit une contraction importante des finances de la CPD. En réaction, celle-ci tente de développer son propre modèle d'accélérateur linéaire au milieu des années 1970. Elle échouera malgré un partenariat noué avec CGR, une entreprise française spécialisée dans les technologies d'accélérateurs[96]. La situation financière de la DPC est telle qu'ÉACL envisage durant

[95] Tableau reproduit à partir de Ullyett, *op. cit.*, p. 102.

[96] Litt, *op. cit.*, pp. 163-166.

l'année 1975-76 de la céder à des intérêts privés américains. La vente ne se produit pas, en partie parce que l'appropriation par des intérêts étrangers d'une entreprise publique, œuvrant qui plus est dans un domaine aussi sensible que le nucléaire, est jugée inacceptable par le Conseil d'administration d'ÉACL[97]. Au lieu d'une privatisation, ÉACL mise plutôt sur un programme de relance des activités de la DPC dans plusieurs secteurs, dont la vente des nouveaux radio-isotopes d'intérêt pour la médecine ou le développement d'appareils de scan informatisés.

1.3.2 Un nouveau produit: le molybdène-99/technétium-99m

Les difficultés financières rencontrées par la DPC à la suite du déclin du marché de la thérapie au cobalt vont être compensées par l'émergence d'un autre radio-isotope dont les propriétés médicales ont déjà été évoquées, le technétium-99m (Tc-99m). Une entrée rapide de la DPC sur ce marché en croissance rapide au milieu des années 1970, conjuguée à des circonstances commerciales favorables, contribuent à maintenir l'entreprise à flot financièrement. Le Tc-99m devient d'autant plus important pour la DPC que l'apparition d'une nouvelle technique d'imagerie médicale, la tomographie axiale calculée par ordinateur (CT-Scan), permet dans plusieurs procédures diagnostiques, en particulier celles du cerveau et du foie, d'obtenir des résultats de qualité meilleure que les techniques s'appuyant sur le recours aux radio-isotopes[98]. Toutefois, la production à grande échelle du Tc-99m, ou plus exactement de son isotope parent, le Mo-99, ne débute pas au Canada mais aux États-Unis. En effet, c'est en 1971 que General Electric commence à produire du Mo-99 dans son réacteur test situé à Pleasanton en Californie. La multinationale assume la majorité de la production

---

[97] Ullyett, *op. cit.*, p. 107.

[98] *Ibid.*, p. 132.

mondiale jusqu'en 1976, quand l'AEC ordonne la fermeture du réacteur qui est localisé sur une faille sismique potentiellement active[99].

General Electric produisait son Mo-99 à partir de l'activation neutronique de son isotope stable le plus répandu dans la nature, le Mo-98. De son côté, la DPC, s'appuyant sur l'infrastructure existante à Chalk River, exploite le fait que le Mo-99 est également un produit de la fission de l'uranium. Elle fait donc irradier des échantillons d'uranium hautement enrichi en U-235, communément appelés 'cibles', dans les réacteurs de recherche NRU ou NRX, pour ensuite en extraire le Mo-99 grâce à un procédé de traitement et de purification chimique. La première moitié des années 1970 est consacrée par la DPC, en collaboration avec les chimistes de Chalk River, à l'élaboration et l'amélioration de son procédé de production de Mo-99. Ce dernier génère beaucoup de déchets radioactifs, puisque seulement 3 % de l'uranium fissile traité est converti en Mo-99. Mais le radio-isotope résultant s'avère d'une grande pureté. Il possède une haute activité spécifique, autrement dit, une haute teneur en radioactivité par unité de masse, qui le distingue favorablement du Mo-99 produit avec la méthode de General Electric. L'autre avantage du procédé développé par la DPC est qu'il permet, dans l'une des étapes intermédiaires du processus de séparation chimique, d'isoler un autre isotope d'intérêt pour le diagnostic médical, le xénon-133, utilisé en particulier dans l'imagerie des poumons.

L'irradiation des cibles d'uranium dans le NRX ou le NRU, qui dure généralement six jours, ainsi que la première séparation chimique des cibles s'effectuent sur le site de Chalk River. De cette façon, une partie importante des coûts de production sont une nouvelle fois absorbés par les budgets des laboratoires de recherche d'ÉACL, d'autant plus que les produits de fission résiduels et l'uranium-235 usé des cibles sont aussi traités et stockés à Chalk River. La DPC prend alors le relai à

---

[99] Frederick Boyd, « Canada's Isotope History », dans Jatin Nathwani et Donald Wallace (dirs.), *Canada's Isotope Crisis. What Next?*, Montreal, Kingston, McGill-Queen's University Press, pp. 12-13.

partir de ses laboratoires à Ottawa pour les étapes de purification, de conditionnement et de distribution du Mo-99. La logistique à mettre en place ensuite n'est pas simple. Étant donné la demi-vie de 66 heures du Mo-99, un réseau routier et aérien fiable doit être mis en place afin d'assurer un acheminement rapide du produit de Chalk River à Ottawa, puis vers les compagnies radio-pharmaceutiques aux États-Unis et dans le monde.

La production et la distribution du Mo-99 doivent également se faire en flux tendu, puisqu'il est impossible de réaliser des réserves sur un produit qui perd la moitié de sa radioactivité, et donc de son efficacité médicale, en moins de trois jours. La DPC envoie l'essentiel de son Mo-99 à deux entreprises radio-pharmaceutiques privées américaines, Covidien et Lantheus, qui réalisent la 'traite' du radio-isotope dans leurs générateurs de Tc-99m, dont elles sont les principales productrices aux États-Unis. Ces deux entreprises distribuent ensuite le produit final aux pharmacies et aux hôpitaux d'Amérique du Nord[100]. Les États-Unis deviennent rapidement le premier marché consommateur de Tc-99m, puisque près de la moitié du Mo-99 produit dans le monde y est écoulé (Figure 1.2).

[100] « Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux », *op. cit.*, pp. 15-17.

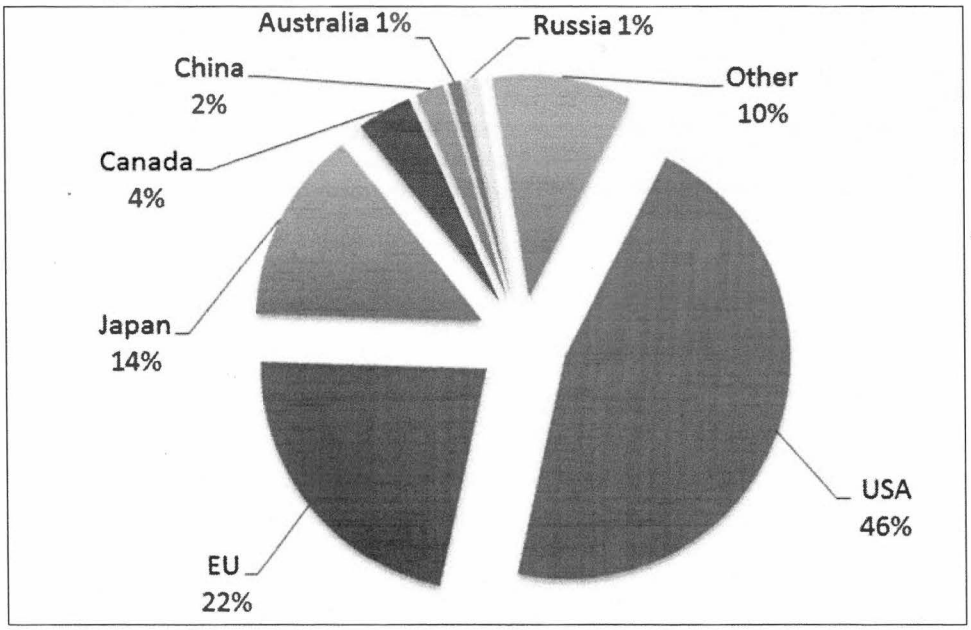

Figure 1.2 Répartition de la demande mondiale en Mo-99[101]

La chaîne d'approvisionnement du Tc-99m est donc constituée de quatre étapes successives se déroulant chacune à des emplacements différents: premièrement, l'irradiation, la séparation chimique et le traitement des déchets radioactifs dans les laboratoires d'ÉACL à Chalk River; deuxièmement, la purification et le conditionnement dans les laboratoires de la DPC à Ottawa; troisièmement, la génération du Tc-99m chez Lantheus et Covidien; quatrièmement, l'administration en milieu hospitalier. Évidemment, plus la circulation du produit est fluide entre chaque étape, plus sa qualité et son efficacité médicale sont élevées en bout de chaîne. La durée de temps qui s'écoule entre la fin de l'irradiation d'une cible dans le NRX ou le NRU et la livraison d'une dose de Tc-99m à un hôpital est relativement courte puisqu'elle

[101] Anton Khlopkov, Miles Pomper et Valeriya Chekina, « Ending HEU Use in Medical Isotope Production: Options for US-Russian Cooperation », Rapport soumis au Nuclear Threat Initiative, 14 février 2014, p. 2. Disponible sur: https://www.nti.org/analysis/articles/ending-heu-use-medical-isotope-production/, consulté le 17 juin 2018.

varie généralement entre 25 et 75 heures[102]. Compte tenu du fonctionnement globalement fiable des réacteurs de Chalk River et de la demande de Mo-99 encore peu élevée à la fin des années 1970 (moins de 45 mille curies distribués par la DPC en 1979[103], comparativement à 260 mille en 1987[104]), les débuts de la production canadienne se déroulent sans véritable accroc. Cependant, la stabilité de l'approvisionnement repose sur un équilibre fragile puisqu'il suffirait pour l'interrompre d'une défaillance prolongée de l'un des maillons de la chaîne (Figure 1.3). C'est ce qui se produira justement à la fin des années 2000, suite à des défaillances répétées du NRU qui seront fortement médiatisés et donneront lieu à la 'crise des isotopes'[105].

---

[102] NRC Committee on Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium, *Medical Isotope Production without Highly Enriched Uranium*, Washington, The National Academy Press, 2009, p. 52.

[103] J.M. Beddoes, « La contribution des produits commerciaux de l'ÉACL à la médecine nucléaire et au radiotraitement », rapport AECL-6850, février 1980, p. 6.

[104] W.P. O'Neal et D.J.R. Evan, « The Production and Application of Radioisotopes. A Canadian Perspective », *Proceedings of the 6th Pacific Basin Nuclear Conference*, Pékin, Chine, 7-11 septembre 1987, p. 361.

[105] Paula Gould, « Medical Isotope Shortage Reaches Crisis Level », *Nature*, vol. 460, no. 7253, 2009, pp. 312-313; Joan Stephenson, « Medical Isotope Shortage », *Journal of the American Medical Association*, vol. 302, no. 7, 2009, p. 732; Roger Collier, « Canadian hospitals rise to the occasion during isotope shortage », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 7, 2008, p. 815; « 'Massive dysfunctionality' led to isotope crisis », *CBC News*, 29 juillet 2008. Disponible sur: http://www.cbc.ca/news/canada/massive-dysfunctionality-led-to-isotope-crisis-clement-1.718372, consulté le 12 avril 2018.

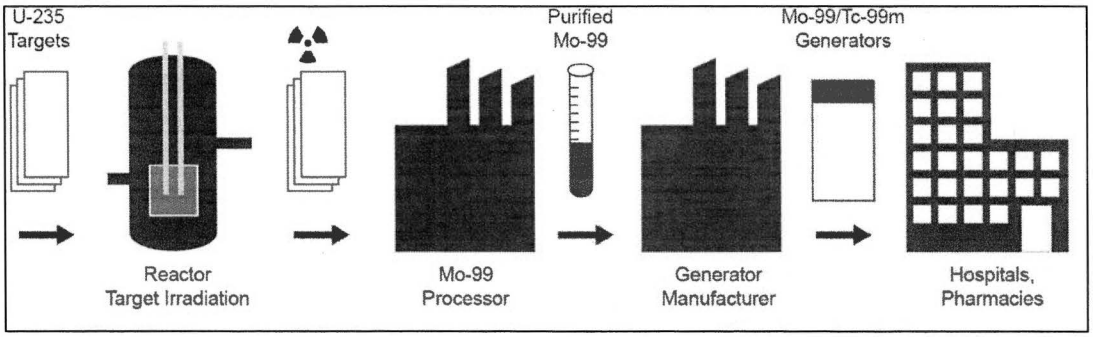

Figure 1.3 Chaîne d'approvisionnement du Mo-99/Tc-99m[106]

1.4 Conclusion

Du début des années 1930 au milieu des années 1960, les programmes de distribution des radio-isotopes ont été structurés par trois forces principales: premièrement, l'ère des cyclotrons a défini les champs de recherche et d'application des radio-isotopes, en particulier dans la biologie et la médecine. Dans un deuxième temps, l'avènement des réacteurs nucléaires et l'intérêt des États à projeter l'image d'un atome pacifique et bénéfique a permis une large diffusion des radio-isotopes dans les hôpitaux, les laboratoires de recherche et les industries. Cette volonté politique a rencontré le désir des scientifiques d'accéder à des ressources et des moyens d'investigation qui ont été mobilisés pour développer de nouvelles branches de la biologie ou de la médecine. La demande scientifique a ainsi contribué à renforcer le processus de diffusion[107].

La synthèse historique réalisée dans ce chapitre nous a permis de dégager certaines caractéristiques de la production des radio-isotopes qui seront utiles pour

---

[106] Figure tirée du site https://www.frm2.tum.de/en/industry-medicine/radioisotope-production/molybdenum-99/, consulté le 15 juin 2017.

[107] Nestor Herran, « Isotope Networks », *op. cit.*, pp. 288-289.

l'analyse des chapitres suivants. La première découle des conséquences de la transition de la production des cyclotrons vers les réacteurs nucléaires de recherche. Celle-ci, en permettant une production de masse, a d'abord rendu possible la création d'un marché industriel des radio-isotopes. Ensuite, à la fin de la guerre, l'entrée en scène des agences nucléaires gouvernementales a défini ce marché comme un ensemble de monopoles publics, dont seuls les États-Unis ont réellement tenté, avec un succès mitigé, de privatiser la production et la distribution. La persistance de la présence publique dans la production des radio-isotopes peut s'expliquer, d'une part, par le fait qu'elle soit demeurée, pour des raisons sécuritaires, intimement liée à la mainmise étatique qui a prévalu sur le développement de l'énergie nucléaire civile et militaire. D'autre part, l'appropriation de ce marché par des acteurs privés a été prohibée par l'ampleur des investissements et des infrastructures technologiques nécessaires à l'établissement d'une production industrielle, que l'on pense aux réacteurs nucléaires, aux installations de gestion du combustible et des déchets radioactifs ou aux procédés de traitement chimique des radio-isotopes.

Ce dernier facteur explique en partie pourquoi les radio-isotopes sont demeurés des sous-produits des réacteurs nucléaires de recherche publics. L'autre raison est que l'ampleur de cette activité, par rapport aux volets militaire et énergétique des programmes nucléaires, est longtemps demeurée marginale. En novembre 1976, c'est d'ailleurs en ces termes que le président d'ÉACL, John Foster, décrit les activités de la DPC au ministre canadien de l'Énergie et des ressources naturelles, Alastair Gillespie: « a marginal operation », qui ne génère d'année en année que de faibles profits[108]. La tarification initiale des radio-isotopes par les agences nucléaires gouvernementales a également établi des standards de prix qui ne reflétaient aucunement les coûts réels de production. Comme le précisera plus tard l'Agence pour l'énergie nucléaire (AÉN)

[108] Lettre de J. Foster à A. Gillespie, RG 55, BAN 2000-01176-4, boîte 1, dossier 1V, 14 novembre 1976, p. 9.

dans un rapport consacré à l'analyse la chaîne de production du Mo-99: « la tarification historique des services d'irradiation par les réacteurs ont intégré des coûts marginaux directs très limités et n'ont pas tenu compte des coûts de remplacement ni de la totalité des coûts marginaux directs et indirects »[109]. Ces subventions gouvernementales indirectes ont ainsi créé un marché mondial faussement concurrentiel et une barrière à l'entrée insurmontable pour de potentiels acteurs commerciaux privés. Les conséquences de ces subventions ne deviendront visibles que dans les années 1990, lorsque les budgets de la recherche nucléaire publique auront décliné, sans possibilité d'être renfloués par les revenus des ventes de radio-isotopes, alors tombés dans l'escarcelle de distributeurs privés.

Au Canada, la relation qui s'établit entre la production des radio-isotopes aux laboratoires de recherche d'ÉACL et leur commercialisation par la DPC est marquée par une importante dépendance économique de la seconde activité vis-à-vis de la première. Cette relation se voit d'abord dans la période où l'activité de la DPC est dominée par la commercialisation des applications technologiques dérivées du Co-60, puisque la branche commerciale demeure tributaire des sources de cobalts fournies par les réacteurs de Chalk River. La filiale d'ÉACL bénéficie également de la subvention du prix de ses radio-isotopes par la R&D nucléaire pour s'imposer sur le marché du Tc-99m. En effet, l'essentiel des coûts de production du Mo-99 (irradiation, séparation chimique et traitement des déchets radioactifs) est absorbé par les budgets de recherche de Chalk River, alors que les bénéfices des ventes sont engrangés en intégralité par la DPC. Cette situation ne pose pas de problème tant que les budgets d'ÉACL et de sa filiale demeurent liés et que la demande commerciale reste limitée à un seuil raisonnable. Cependant, la situation changera radicalement lorsque la DPC, renommée Société radiochimique en 1978, sera privatisée au début des années 1990. Cette

[109] Rapport de l'AÉN, « L'approvisionnement en radioisotopes médicaux. Étude économique de la chaîne d'approvisionnement en molybdène-99 : Synthèse », 2010, p. 10. Disponible sur: https://www.oecd-nea.org/med-radio/reports/MO-99-synthese.pdf, consulté le 15 janvier 2015.

restructuration de l'industrie canadienne des radio-isotopes est analysée au chapitre suivant.

CHAPITRE II - DE LA SOCIÉTÉ RADIOCHIMIQUE À MDS NORDION: SOCIALISATION DES COÛTS ET PRIVATISATION DES PROFITS DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE DES RADIO-ISOTOPES

2.1 Introduction

Ce chapitre décrit la genèse d'un épisode crucial de la transformation de l'industrie canadienne des radio-isotopes: la séparation opérée entre ÉACL et sa filiale de commercialisation des radio-isotopes, la Société radiochimique (SR), puis la privatisation de cette dernière par le gouvernement fédéral en novembre 1991. La conséquence majeure de ce processus réside dans la définition d'une relation contractuelle inégale entre ÉACL, entreprise publique assumant la majeure partie des coûts de production des radio-isotopes, et MDS Nordion, entreprise privée engrangeant la majorité des bénéfices de leur commercialisation. Nous verrons dans les chapitres suivants de cette thèse que la restructuration et le réalignement des rapports de force ayant découlé de la privatisation de la SR ont directement influencé le déroulement du projet MAPLE et y ont notamment déterminé certains choix technologiques décisifs.

Revenir sur l'épisode de la privatisation de la SR permettra, plus tard, de mieux saisir les enjeux de la 'crise des isotopes', survenue après deux défaillances successives du réacteur NRU, en novembre 2007 et en juin 2009. Ces deux incidents, qui ont durablement interrompu la production canadienne des radio-isotopes et perturbé son marché mondial, ont eu pour conséquence d'exposer les dysfonctionnements d'un système de production dont la rentabilité commerciale globale a finalement été remise en question. De fait, en mai 2010, l'Agence pour l'énergie nucléaire, une organisation affiliée à l'OCDE, produisait un rapport censé analyser les causes de la fragilité de la chaîne d'approvisionnement mondial en Mo-99. À l'origine du problème, le rapport pointait notamment la structure de la chaîne de production et le mode de tarification des radio-isotopes découlant de « l'établissement de contrats à long terme favorables

aux entreprises de traitement »[1], telle MDS Nordion, et faisant reposer l'essentiel des risques du marché sur les sites de production publics comme les laboratoires nucléaires de Chalk River.

La privatisation de la SR s'inscrit dans deux mouvements distincts: celui des vagues de privatisations d'entreprises publiques menées par le gouvernement fédéral à partir du milieu des années 1980 et celui du déclin d'ÉACL, entamé dès la fin des années 1970. Elle est une conséquence directe de la politique du gouvernement Mulroney visant à se départir des entreprises qu'il ne juge remplir aucun rôle de politique publique. Entre 1984 et 1993, plus d'une vingtaine de compagnies de la Couronne sont ainsi cédées à des intérêts privés, parmi lesquelles, plusieurs œuvrent dans des secteurs économiques et technologiques stratégiques, tels l'aéronautique, l'exploitation pétrolière, les télécommunications ou la chimie synthétique. Dans ce chapitre, nous montrons que la spécificité du cas de la SR réside dans le fait qu'elle constitue en réalité une privatisation déguisée, puisque sa vente ne signifie nullement que l'État, via ÉACL, se retire du marché commercial des radio-isotopes.

La privatisation de la SR s'inscrit également dans une phase de stagnation du programme nucléaire canadien, qui se mue en situation de crise économique à l'orée des années 1990. ÉACL amorce son déclin dès la fin des années 1970, lorsqu'elle commence à accumuler déboires financiers et échecs commerciaux, fragilisant ainsi son statut d'instrument privilégié de la politique énergétique nationale. Au début des années 1980, les prévisions de croissance de la consommation d'électricité, qui permettaient d'envisager une forte expansion du secteur nucléaire au Canada, sont très largement revues à la baisse, alors qu'ÉACL peine également à exporter ses réacteurs CANDU. La situation entraîne une relative perte d'autonomie de l'entreprise vis-à-vis du gouvernement, se traduisant notamment par une influence grandissante du ministère

[1] Rapport de l'Agence pour l'énergie nucléaire, « L'approvisionnement en isotopes médicaux. Étude économique de la chaîne d'approvisionnement en molybdène-99: Synthèse », 2010, p. 9. Disponible sur: https://www.oecd-nea.org/med-radio/reports/MO-99-synthese.pdf, consulté le 15 janvier 2015.

de l'Énergie, des mines et des ressources (ÉMR), puis du ministère des Finances, sur la définition de sa mission et de sa stratégie. Pour cette raison, ce chapitre s'ouvre sur une présentation de l'évolution des relations entre ÉACL et le gouvernement fédéral, entre 1975 et 1985. Cette période est marquée par la transformation implicite du mandat d'ÉACL, qui doit dorénavant donner priorité à des objectifs de rentabilité commerciale et de 'responsabilité financière'. Les transformations managériales et organisationnelles qui vont en découler expliquent en partie pourquoi la privatisation de la SR a été rendue possible et, par moments, accompagnée par les dirigeants d'ÉACL.

Dans la suite du chapitre, nous analysons le processus politique, qui mène à la cession de la SR à l'entreprise privée MDS Health Group, entre mars 1985 et novembre 1991. En nous appuyant sur des archives d'ÉACL et de plusieurs ministères et organismes fédéraux impliqués dans le processus (ÉMR, Finances, Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires, Bureau du conseil privé, Conseil du trésor), nous expliquons comment la privatisation a abouti à l'instauration d'un rapport de force commercial inégal entre ÉACL et MDS Nordion. Le processus suit trois étapes: dans la première, entre mars 1985 et janvier 1987, les décisions importantes liées à l'avenir de la SR demeurent entre les mains d'ÉACL et du ministère de l'ÉMR. ÉACL tente alors de définir la privatisation en des termes qui lui assureraient un maximum de revenus dans le futur. La seconde période, qui s'étend de janvier 1987 à septembre 1988, est marquée par la reprise en main du processus par le Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires (BPAR). Cet équivalent de ministère est créé par le gouvernement fédéral en juin 1986 pour assurer la coordination des efforts de privatisation des compagnies de la Couronne. Jusqu'en septembre 1988, le BPAR réoriente les objectifs de la privatisation de la SR vers une maximisation des revenus nets de la vente au profit du gouvernement et au détriment des intérêts stratégiques et financiers d'ÉACL. Au cours de la troisième période, la Corporation de Développement des Investissements du Canada (CDIC) joue un rôle déterminant dans

la finalisation de la privatisation. À partir d'octobre 1988, cette compagnie de la Couronne obtient de la part du gouvernement la tutelle de la SR, rebaptisée Nordion, et la dote d'un nouveau C.A. qui l'isole de l'influence d'ÉACL. Dans un contexte de reconfiguration du marché mondial des radio-isotopes, la CDIC met en œuvre une stratégie de multinationalisation de Nordion. L'objectif consiste à renforcer sa position par rapport à la concurrence européenne et américaine et accroître son attractivité commerciale pour les potentiels repreneurs. Surtout, la CDIC joue un rôle essentiel dans l'élaboration de la nouvelle relation contractuelle entre ÉACL et Nordion. Celle-ci transfère la majeure partie des coûts de production des radio-isotopes à l'entreprise publique, mais lui reverse une part insuffisante des revenus pour que cette activité, ainsi que la poursuite du projet MAPLE démarré en 1985, demeurent financièrement soutenables.

2.2 Les transformations organisationnelles au sein d'AÉCL (1975-1985)

ÉACL a été créée en 1952 par le gouvernement du Canada, dans le but officiel de développer et de commercialiser les applications civiles de l'énergie atomique. Grâce à l'influent ministre du Commerce, C.D. Howe, ÉACL a fonctionné durant 25 ans en relative autonomie du gouvernement fédéral. Comme le rappelle l'historien Robert Bothwell, « aucun ministre n'était intervenu directement dans l'administration d'ÉACL depuis que C.D. Howe avait fait créer la société en 1952, et [qu'] il en avait garni le Conseil d'administration de membres à son image: ingénieurs et cadres issus des régies de services publics »[2]. La situation change à partir de 1975, lorsqu'ÉACL commence à accumuler des déficits sur différents grands projets nucléaires: les centrales Gentilly-1, Gentilly-2 et l'usine d'eau lourde de Laprade au Québec, les usines d'eau lourde de Glace Bay et Port Hawkesbury en Nouvelle-Écosse, ainsi que le projet de centrale nucléaire Cordoba en Argentine. Dès la fin de l'année 1975, le

[2] Robert Bothwell, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal, Édition de l'Arc, 1988, p. 519.

ministre de l'ÉMR, Alastair Gillespie, impose au président d'ÉACL, John Foster, la nomination de deux sous-ministres au C.A. de l'entreprise: Gordon McNabb de l'ÉMR et Tommy Shoyama des Finances. Comme Gillespie en informe le Premier ministre Pierre Elliot Trudeau, ces deux nominations répondent au manque de liaison existant « between my Department, responsible of advising me on energy policy questions and Atomic Energy of Canada Limited »[3]. À la tête du C.A. d'ÉACL, Gillespie désigne un homme de confiance Ross Campbell, ancien ambassadeur du Canada au Japon, et lui demande d'assumer la gestion des affaires extérieures de l'entreprise: « The governement will be looking to you to assume responsibility for the broader area of policy, including international activities, as distinct from day-to-day operation »[4].

Gillespie veut ainsi établir une séparation claire entre les responsabilités du poste de président du C.A. et celles du poste de président de la compagnie, en confiant au premier l'exclusivité de la définition de la politique globale de l'entreprise et au second le soin de l'appliquer au quotidien. Par ailleurs, en août 1976, le ministre Gillespie fait part à John Foster de ses préoccupations quant au manque de compétences d'ÉACL dans les domaines du contrôle des coûts et de l'administration financière, tout en s'inquiétant de la faible rentabilité des opérations commerciales de l'entreprise[5]. Le gouvernement fédéral est alors aux prises avec une sévère inflation, dont découlent un resserrement des dépenses et des coupures dans les budgets publics[6]. Dès cette période, les instances gouvernementales considèrent qu'une diminution de la contribution gouvernementale au financement de certaines opérations commerciales d'ÉACL et de

---

[3] Lettre de A. Gillespie à P.E. Trudeau, « Representation on the Board of Directors of Atomic Energy of Canada Limited », R 1526, vol. 179, 10 décembre 1975.

[4] Lettre de A. Gillespie à R. Campbell, R 1526, vol. 359, dossier 10, 24 décembre 1975.

[5] Lettre de A. Gillespie à J. Foster, R 1526, vol. 359, dossier 10, 4 août 1976.

[6] Voir Christian Deblock et Denis Perreault, « La politique économique canadienne 1968-1984 I », *Conjonctures et politique*, no. 6, 1985, pp. 175-193.

ses activités de R&D serait souhaitable. Cela est, par exemple, clairement exprimé par le Secrétariat du Conseil du Trésor qui voudrait voir[7]:

> AECL begin to move towards a position of decreasing dependence on budgetary support for its operations and, in our view, there are opportunities for movement in this direction over the next several years [...] the opportunity exists for placing certain operations on a fully self-sustaining basis over a reasonable timeframe (heavy water, commercial products and prototype reactors). There may also be opportunities to institute some measures to cover a reasonable share of R&D costs (such as changes to the fee structure of nuclear consulting services to include a factor for R&D costs).

En septembre 1976, l'une des premières mesures d'importance prise par Ross Campbell est d'engager la firme de consultants Peat Marwick & Partners (PM&P)[8], afin d'évaluer « l'adéquation de la gestion financière et l'efficacité des systèmes de contrôle de gestion à l'intérieur de la compagnie ». Cette décision fait suite aux conclusions d'une enquête du Vérificateur général, effectuée dans le courant de l'année 1976, qui relève des déficiences dans la gestion financière et le contrôle des dépenses d'ÉACL. Cette période est d'autant plus compliquée pour l'entreprise que sa réputation est ternie par des affaires de malversations dans des contrats de courtage en Argentine et en Corée du Sud, pays où elle tente d'exporter ses CANDU. Même si une enquête menée par le Comité des comptes publics conclura à l'absence d'agissements malhonnêtes, l'incident écorne passablement l'image de la compagnie et conduit le gouvernement à scruter plus attentivement l'état de sa gestion financière[9].

---

[7] Mémo interne adressé à B. A. Macdonald (Secrétariat du Conseil du Trésor), « Briefing – Your meeting with Mr. R. Campbell, AECL – March 18, 1976 », RG55, BAN 2000-01176-4, boîte 1, dossier 1 V, 17 mars 1976, p. 1.

[8] Firme connue aujourd'hui sous le nom de KPMG.

[9] Bothwell, *Nucléus*, *op.cit.*, pp. 521-22.

Un mois après son embauche, PM&P produit un rapport recommandant d'accorder une plus grande attention à la gestion financière au sein de l'entreprise[10]. Selon la firme de consultation, la relation entre ÉACL et la compagnie publique ontarienne d'hydroélectricité, Ontario Hydro (OH), qui structurait l'industrie nucléaire canadienne depuis le début des années 1960, a créé un environnement dans lequel les responsables des opérations et des finances de l'entreprise n'étaient pas contraints par les « pressions normales du marché ». Les objectifs de rentabilité ne constituaient alors pas les préoccupations principales d'ÉACL, qui accordait une attention insuffisante à la planification financière, à la budgétisation et au contrôle des coûts. Selon PM&P, il est urgent d'élargir le rôle des unités de gestion financière, des systèmes de contrôle des dépenses et d'implanter des méthodes de contrôle financier plus efficaces.

Ce besoin reflèterait en partie les transformations connues par ÉACL depuis le milieu des années 1960, avec une croissance de ses dépenses en capital et en opérations passées de 70 à 400 M$. L'augmentation du volume et la diversification des activités commerciales d'ÉACL (construction de réacteurs électronucléaires et d'usines d'eau lourde, production de radio-isotopes et de technologies médicales dérivées) ont créé un environnement dans lequel l'entreprise doit désormais faire face à une concurrence et à des risques commerciaux accrus: « The role of financial management has not kept with the Company's expanded business or with the increased complexity and risks associated with the growth of AECL [...] It is clear that the role of financial management and control must be changed if the operations of the Company are to be adequately controlled »[11]. Même si le rapport de PM&P reconnaît l'influence de facteurs externes plus ou moins imprédictibles dans les difficultés rencontrées par l'entreprise, tels que l'inflation, la fluctuation des devises ou les délais de construction,

---

[10] Rapport préparé par PM&P, soumis par ÉACL à l'attention d'A. Gillespie, R 1526, vol. 359, dossier 10, 5 octobre 1976.

[11] *Ibid.*, p. 4.

l'introduction d'un contrôle resserré des finances et des coûts des projets s'avère désormais incontournable. Il recommande donc la création d'un poste de vice-président aux finances et le recrutement de personnel spécialisé en contrôle financier.

Les recommandations de PM&P se concrétisent en mars 1977 par l'implantation d'une nouvelle structure organisationnelle, avec un schéma qui établit clairement la séparation des tâches entre le président du C.A. et le président de la compagnie[12]. Les questions techniques tombent sous la responsabilité du second, avec trois postes de vice-présidents: eau lourde, projets CANDU et radio-isotopes, tandis que le président du C.A. pilote les comités responsables de la gestion, de la planification stratégique, de la finance et du budget. La volonté de faire du président du C.A. le relai du ministre de l'ÉMR dans la compagnie est claire: « He will be the principal link with the Government, the Minister and senior Public Servants and will directly control Public Affairs policy ». Il a des responsabilités importantes puisqu'il établit la politique générale de l'entreprise, exerce le contrôle exécutif principal sur les méthodes et les montants de financement et préside le Comité de gestion et les comités permanents de l'entreprise.

Quant au président de la compagnie, il ne définit plus les objectifs à long terme de l'entreprise mais est responsable de leur mise en œuvre. Le nouveau poste de vice-président aux finances est confié à J. Hardwick, comptable agréé qui a auparavant fait partie des gestionnaires de la Compagnie d'aluminium du Canada. Il a la tâche de conseiller et d'émettre des recommandations au président du C.A.: « in the determination of overall objectives, policies and plans wherever financial considerations are involved ». Un nouveau comité de planification stratégique est quant à lui chargé d'assister le président du C.A. dans la préparation du plan d'entreprise à long terme, alors qu'un comité « Finance et budget » a pour mission d'apporter: « a

[12] Rapport PM&P, « AECL Consultants' Progress Report », R 1526, vol. 317, dossier 4, 9 mars 1977.

considerable input and planning undertaken by the Vice President Finance and his senior officers »[13].

Le virage gestionnaire en cours de réalisation est confirmé par Ross Campbell, devant le Comité des Comptes publics, en mai 1977. C'est ainsi qu'il justifie les changements de personnel opérés au sein d'ÉACL: « Il nous fallait des gens qui avaient l'habitude des affaires, et des affaires rentables, de manière à soulager les contribuables d'un injuste fardeau [...] et pour établir un meilleur équilibre entre le gouvernement et les milieux commerciaux dans les activités de la Société »[14]. Tous ces changements se déroulent dans un contexte de grave crise financière pour ÉACL. En effet, le ministre Gillespie présente à la Chambre des communes des provisions pour pertes de près de 170 M$ sur plusieurs projets nucléaires courants jusqu'à l'année 1980-81, ce qui équivaut à un constat d'insolvabilité[15]. Suite à cette annonce, un comité composé de représentants du Secrétariat du Conseil du Trésor, du ministère des Finances et d'ÉACL est mis sur pied pour établir un plan de restructuration du capital de la compagnie. Son travail aboutit à l'automne sur une proposition qui recommande, entre autres, de « mettre ÉACL dans une position où sa performance financière pourrait être plus facilement mesurée et à partir de laquelle les objectifs futurs et la structure de la société pourraient être développés »[16].

Derrière les changements de structure organisationnelle suggérés par la firme PM&P, ÉACL cherche à modifier un « style de gestion » qui serait altéré par une

---

[13] *Ibid.*, pp. 3-7.

[14] Bothwell, *op. cit.*, p. 522.

[15] Les pertes de 170 M$ se répartissent ainsi: 10 M$ sur la centrale Gentilly-2; 30 M$ sur divers contrats d'eau lourde; 130 M$ sur la centrale Cordoba, un réacteur CANDU de 600 mégawatts en cours de construction en Argentine. Voir: « Notes for Statement by the Honorable Alastair Gillespie on Motions, July 7 », R 1526, vol. 327, dossier 3, 7 juillet 1977, pp. 3-4.

[16] Mémoire au Cabinet déposé par A. Gillespie, « Structure financière intérimaire pour l'ÉACL », RG55, BAN 2000-01176-4, boîte 1, dossier 1 V, 19 octobre 1977, p. 1.

« overwhelming emphasis on technical excellence ». Une culture de l'excellence doit certes continuer à exister, mais en étant associée à une « technical/business management approach ». Selon PM&P, pour réussir cette combinaison: « the existing management style must continue to change and executives with a proper commercial management record must be selectively introduced to the company »[17]. Ross Campbell livre au ministre Gillespie une analyse similaire. Rappelant que l'année 1976-77, entre scandales et lourdes pertes financières, a été: « one of considerable diffuclty for AECL, involving much public and political criticism of the conduct of the company's affairs »[18], il évoque la principale raison qui, selon lui, a plongé ÉACL dans la difficulté: sa mutation non planifiée d'une organisation vouée principalement à la R&D vers une entreprise commerciale engagée dans des projets technologiques de grande envergure, impliquant des risques financiers qu'elle n'était pas prête à affronter. Cette mutation, qui s'est produite dans un contexte économique de forte inflation, aurait imposé une pression lourde sur une organisation aux compétences financières et managériales inadaptées[19].

Autre symbole des changements qui s'opèrent au sein d'ÉACL, son président John Foster est démis de ses fonctions par le C.A., en décembre 1977. Si la raison officiellement invoquée renvoie aux déficits accumulés par la compagnie, le Conseil informe toutefois le ministre de l'ÉMR que sa décision est motivée par des raisons plus profondes, se référant en particulier au manque de compétences gestionnaires et commerciales de la haute direction d'ÉACL: « To a large extent, the problems appeared to result from management skills in areas outside the experience of either the President or Chairman »[20]. Quant au nouveau président, il devra offrir le profil d'une « personne

---

[17] Rapport PM&P, « Study of Organization and Financial Management Study. Summary Report », R 1526, vol. 317, dossier 4, 21 octobre 1977.

[18] Lettre de R. Campbell à A. Gillespie, R 1526, vol. 327, dossier 3, 30 juin 1977, p. 1.

[19] *Ibid.* p. 2.

[20] Lettre du C.A. d'ÉACL à A. Gillespie, R 1526, vol. 359, dossier 10, 5 décembre 1977.

hautement expérimentée, capable de changer la structure fondamentale et la direction de l'organisation » [21], et être en mesure de tirer bénéfices « des systèmes de management de l'information et de contrôle financier appropriés »[22]. À ce titre, John Foster peut être considéré comme un représentant des dirigeants de l'« ancienne garde » d'ÉACL: des ingénieurs hautement qualifiés qui ont bâti l'essentiel de leur carrière à l'intérieur de l'entreprise ou au sein d'OH, gravissant un à un les échelons jusqu'aux postes de haute direction.

Le successeur de Foster, James Donnelly, est lui aussi ingénieur de formation et a passé la majeure partie de sa carrière d'ingénieur au sein de la British General Electric. Mais il y a occupé des postes de gestionnaire de contrats puis de directeur commercial sur des projets électronucléaires domestiques et internationaux[23]. La réorganisation de la compagnie s'achève, en juillet 1978, avec la division d'ÉACL en quatre compagnies semi-autonomes: la Société de la recherche qui opèrera les laboratoires de Chalk River et de Whiteshell; la Société radiochimique, responsable de la commercialisation des radio-isotopes et de leurs produits dérivés; la Société chimique et la Société d'eau lourde. Dans la continuité des recommandations de PM&P, cette mesure se veut une tentative de transformer: « a largely research and engineering-oriented, postwar nuclear development agency into a commercially viable marketing organization as well »[24].

Les recompositions constatées entre 1975 et 1982 dans la composition du C.A. d'ÉACL sont une autre manifestation du virage gestionnaire voulu par le

---

[21] *Ibid.*

[22] *Ibid.*

[23] Rapport soumis par Caldwell Partners à A. Gillespie, « AECL President », R 1526, vol. 359, dossier 10, 24 novembre 1977.

[24] Jeff Carruthers, « Major reorganization at AECL will involve setting up 4 quasi-autonomous subsidiaries », *The Globe and Mail*, 29 juillet 1978, p. B2.

gouvernement. Depuis la création d'ÉACL, C.D. Howe avait veillé à ce que son C.A. reflète un équilibre témoignant de la triple dimension de la compagnie: trois membres étaient issus du monde universitaire pour refléter l'importance accordée à la R&D; trois membres étaient issus de l'entreprise privée pour refléter l'orientation commerciale de l'entreprise; trois membres étaient issus des compagnies d'électricité provinciales pour souligner sa dimension d'instrument de politique énergétique. Alors que cette composition tenait encore à la fin de l'année 1975[25], au début de l'année 1982, le C.A. d'ÉACL s'est métamorphosé. Il compte désormais onze membres: quatre personnes occupant des postes de direction dans des entreprises privées de télécommunication, le président d'une grande entreprise de construction, le président d'une compagnie de courtage, le président d'une firme d'avocats et trois sous-ministres.

La recomposition du C.A. est à considérer à l'aune de l'importance qu'il prendra désormais dans les prises de décisions stratégiques de la compagnie, notamment celle de privatiser la SR en mars 1985. D'une part, elle traduit une présence gouvernementale accrue dans la définition des objectifs d'entreprise d'ÉACL et, d'autre part, le crédit en hausse accordé à l'expérience d'hommes issus de l'entreprise privée et du milieu des affaires. C'est également ainsi que le perçoit James Donnelly lorsqu'il informe le ministre de l'ÉMR d'une recomposition du C.A. d'ÉACL survenue en 1977: « The composition of the Board was further adjusted to reflect increasingly commercial orientation of the Company's activities and to achieve a better equilibrium between commercial and governmental concerns »[26].

Entre 1951 et 1975, ÉACL jouit d'une grande marge de liberté vis à vis du gouvernement dans la formulation de sa stratégie technologique et commerciale. Celle-ci provient d'une autorité technique incontestée et de la perception par le pouvoir

---

[25] Voir la liste des 9 membres du C.A. d'ÉACL en 1975, qui reflète encore cet équilibre, dans la lettre de J. Foster à A. Gillespie, R 1526, vol. 179, 15 octobre 1975, p. 2.

[26] Lettre de R. Campbell à A. Gillespie, R 1526, vol. 327, dossier 3, 30 juin 1977, p. 2.

politique que la technologie nucléaire sera indispensable pour assurer l'avenir énergétique du Canada[27]. Le prestige lié à la maîtrise de l'atome a aussi son importance puisqu'il projette l'image d'une nation moderne, capable d'exporter son savoir-faire dans les secteurs de haute technologie. Ainsi, pour relativiser les pertes financières de 130 M$ encourues sur le projet nucléaire argentin de Cordoba, Ross Campbell ne manque pas de rappeler à son ministre de tutelle la valeur symbolique du programme d'exportation du CANDU: « the value of this modest export program lies in the opportunity created for trade in high technology goods and services »[28]. À partir du milieu des années 1970, malgré l'émergence des questions de prolifération et l'essor des mouvements de contestation de l'énergie nucléaire, l'industrie continue de bénéficier d'une image publique favorable, comme en témoigne cet extrait d'un éditorial du *Globe and Mail*: « The CANDU reactor stands almost alone as a shining example of what we can do by ourselves in achieving new frontiers in sophisticated energy-producing high-tech »[29].

Cependant, la perte de crédit d'ÉACL auprès du gouvernement résulte également des faibles ventes du CANDU, dont seulement quatre exemplaires ont été écoulés entre 1973 et 1981: au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Argentine et en Corée du Sud. Considéré comme une réussite technique mais comme un relatif échec commercial, le CANDU voit sa réputation pâtir des pertes occasionnées dans divers projets ainsi que des soupçons de malversations qui ont suivi la signature des contrats en Argentine et en Corée du Sud. Roy MacLaren, secrétaire parlementaire du ministre de l'ÉMR, résume bien la situation, en juillet 1981: « with unfavourable publicity arising from problems in India, Argentina and Korea, AECL's reputation suffered

---

[27] Voir la lettre de R. MacLaren à M. Lalonde (ministre de l'ÉMR), R 12590, vol. 137, dossier 23, 17 juillet 1981, p. 1.

[28] Lettre de R. Campbell à A. Gillespie, R 1526, vol. 327, dossier 3, 30 juin 1977, p. 2.

[29] « Must the CANDU Go the Way of the Arrow? », *The Globe & Mail*, 30 octobre 1979, p. A6.

grieviously, a dramatic reversal concurrent with a decline in domestic demand for reactors ».[30]

Pour expliquer ses contre-performances commerciales, ÉACL invoque d'abord la révision à la baisse des prévisions de la demande d'électricité à l'échelle domestique et internationale: « The root of the crisis lies in the excess of electrical capacity commitments made over the previous decade which were based on a 40-year historical pattern of 7% per annum demand growth »[31]. La stagnation des ventes de centrales nucléaires ne se limite pas qu'au Canada. Entre 1975 et 1979, il se construit dans le monde trois fois moins de centrales qu'entre 1971 et 1974[32]. À l'exception notable de la France, qui mise durant cette période sur un plan tout-nucléaire fortement centralisé, les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 poussent la plupart des pays occidentaux à une rationalisation de la planification de leurs besoins en électricité. La réévaluation de ces besoins rend moins attrayant le recours au nucléaire, dont les coûts s'avèrent beaucoup plus élevés que prévu[33]. Le CANDU peine également à concurrencer les modèles de réacteurs américains, qui bénéficient de leur statut de premiers entrants sur le marché international[34], et qui sont portés par des entreprises, General Electric et Westinghouse, aux moyens financiers autrement plus importants que ceux d'ÉACL[35].

---

[30] Lettre de R. MacLaren à M. Lalonde (ministre de l'ÉMR), R 12590, vol. 137, dossier 23, 17 juillet 1981, p. 1.

[31] Rapport de D. Cowper (ÉACL – Directeur des Affaires Intergouvernementales) à M. Marion (ministère des Finances), RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 1er mai 1984, p. 2.

[32] Duane Bratt, *The Politics of Candu Exports*, Montréal, Kingston, McGill-Queens University Press, 2005, p. 150.

[33] Jasper M. James, *Nuclear Politics: Energy and the State in the United States, Sweden and France*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

[34] Robin Cowan, « Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in », *Journal of Economic History*, vol. 50, no. 3, 1990, pp. 541-567.

[35] Lettre de R. Campbell à A. Gillespie, R 1526, vol. 327, dossier 3, 30 juin 1977, p. 2.

Au début des années 1980, ÉACL subit de nouvelles pertes importantes dans divers projets nucléaires domestiques et outremer. Rien que pour les usines d'eau lourde de Laprade et Hawksbury, ce sont près de 850 M$ en prêts gouvernementaux qui doivent être effacés de l'ardoise de la compagnie[36]. En juillet 1980, le temps des coudées franches semble définitivement révolu. Le nouveau ministre de l'ÉMR, Marc Lalonde, informe James Donnelly qu'il a récemment entrepris de réviser les interactions entre son ministère et les compagnies de la Couronne se trouvant sous sa tutelle. Désormais, il voit ces dernières comme des outils d'implantation d'une politique dictée par le gouvernement, plutôt que des lieux de formulation de politiques publiques: « I see the basic role of Crown Corporations as one of implementing policy decisions taken by the government as a whole rather than as one of policy formulation per se »[37]. Par ailleurs, tout document qu'ÉACL souhaitera faire circuler, dans un ministère ou auprès de députés à la Chambre des communes, devra dorénavant faire l'objet d'une validation préalable par des fonctionnaires de l'ÉMR[38].

Les difficultés du programme CANDU conjuguées à l'arrivée à maturité du marché nucléaire ontarien, qui génère de moins en moins de contrats pour ÉACL, poussent ses dirigeants, en collaboration avec l'ÉMR, à définir une nouvelle stratégie pour l'avenir de l'entreprise. En 1981, une première *Nuclear Industry Review* (NIR) propose de recentrer l'industrie sur le marché domestique. En effet, l'ÉMR craint que la disette observée dans la demande de CANDU ne se prolonge jusqu'à la fin de la décennie et ne finisse par mener à la perte de la capacité technologique et manufacturière nucléaire du Canada. Il est donc recommandé de soutenir ÉACL par l'intermédiaire de deux mesures: premièrement, l'octroi par le gouvernement fédéral d'un support financier à un programme de pré-construction de centrale CANDU au

---

[36] Kirk Makin, « Won't continue to provide millions for nuclear industry, Ottawa says », *The Globe and Mail*, 10 juin 1981, p. 9.

[37] Lettre de M. Lalonde à J. Donnelly, R 12590, vol. 121, 2 juillet 1980, p. 1.

[38] *Ibid.*, p. 2.

Nouveau-Brunswick, dont l'électricité serait exportée vers les États-Unis. Deuxièmement, la NIR préconise la résolution des différends financiers et politiques qui opposent le gouvernement fédéral et son homologue du Québec, et l'obtention de la part du gouvernement provincial d'un engagement rapide pour l'extension de son programme nucléaire, notamment la construction d'une centrale Gentilly-3. Aucune de ces deux mesures n'aboutit puisque, comme ÉACL le reconnaît elle-même deux ans plus tard, les prévisions de croissance de la demande d'électricité pour la décennie 1980 ont largement été surestimées.

Dans une perspective similaire à celle de la NIR, les directions d'ÉACL et d'OH forment en 1982 un groupe de travail, le CANDURA (CANDU Rationalization Assessment) Task Force, dont le but est d'examiner les opportunités et les stratégies de « rationalisation » de l'industrie nucléaire canadienne. Les deux entreprises publiques s'entendent sur le fait qu'ensemble, elles forment le noyau irréductible de la compétence nucléaire canadienne et que, sans coopération et complémentarité entre leurs deux organisations, la survie de l'option nucléaire ne pourrait être assurée à long terme. On craint, en particulier, une: « irreversible erosion of technical capability which will not only remove Canada's options but significantly weaken and undermine the national support for existing domestic and overseas units »[39]. En juillet 1983, le Conseil des ministres demande à l'ÉMR et ÉACL une mise à jour de la NIR de 1981, leur demandant de se pencher en particulier sur des plans de « rationalisation » de la compagnie. La seconde NIR étend le « domestic order gap » de réacteurs CANDU à une période d'au moins 15 ans. En effet, on juge que les opportunités d'exportation les plus prometteuses en Roumanie, au Mexique et en Corée du Sud se sont évaporées et

[39] Rapport de D. Cowper (ÉACL – Directeur des Affaires Intergouvernementales) à M. Marion (ministère des Finances), RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 1er mai 1984, p. 3.

on préconise par conséquent de préserver: « the CANDU option as opposed to CANDU industry by rationalizing AECL while maintaining a core of expertise »[40].

Il ne s'agit donc plus, comme deux ans auparavant, de maintenir une industrie à flot, mais plutôt de conserver en vie « l'option CANDU », c'est-à-dire une expertise technologique minimale qui ne remette pas en cause la possibilité de redémarrer le programme nucléaire plus tard, dans l'éventualité où de nouvelles commandes viendraient à apparaître. La NIR de 1983 conduit ÉACL à tracer les grandes lignes d'une stratégie sensée lui permettre de faire face au ralentissement de l'activité de l'industrie nucléaire domestique. Celle-ci tient en trois points: premièrement, délimiter la capacité du programme nucléaire qui puisse répondre à minima aux besoins énergétiques du Canada dans la décennie 1980. Deuxièmement, développer une approche commerciale plus « agressive, innovante and créative », qui lui permette d'obtenir le maximum de contrats possibles. Troisièmement, rechercher des « opportunités de diversification » de ses produits et services, dont les revenus serviraient à supporter financièrement l'activité première de l'entreprise, à savoir l'ingénierie des réacteurs CANDU[41].

La stratégie envisagée laisse non seulement entrevoir une anticipation de la baisse des revenus commerciaux d'ÉACL, mais aussi de ses entrées d'argent public. Si le ministre des Finances, Allan MacEachen, avait déjà prévenu, en 1981, que son gouvernement « should not be expected to continue taking on all the costs and risks »[42], dans les projets commerciaux entrepris par ÉACL, c'est l'avenir du financement de la R&D qui semble particulièrement préoccuper cette dernière. Elle est en effet consciente qu'il lui sera désormais difficile d'obtenir des crédits équivalents à ceux qui

---

[40] *Ibid.*

[41] *Ibid.*

[42] Kirk Makin, *op. cit.*

lui étaient versés dans le passé: « The company realizes that as governments focus on the need to reduce deficits, the defence of R&D expenditures in the face of a reducing "build" program becomes more politically difficult »[43]. De fait, dès l'automne 1983, le ministère des Finances questionne le montant du financement fédéral consacré à la R&D nucléaire. Faisant part à ÉACL de sa volonté de mettre les fonds qui lui sont versés en adéquation avec la contribution du secteur nucléaire à la production nationale d'énergie, il se demande s'il est justifié que le nucléaire accapare 80% des fonds disponibles alors qu'il ne contribue qu'à hauteur de 20% de la production énergétique du pays[44].

La diversification de l'offre des produits entre aussi dans la stratégie d'augmentation des revenus externes d'ÉACL. Des équipes de développement commercial (*business development teams*) sont créées aux laboratoires de Chalk River afin d'examiner les voies les plus prometteuses: « Two years ago, AECL began to examine prospects for new business development based upon its expertise in areas other than the current product lines, in nuclear related areas as well as in non-nuclear areas which could profit from spin-off applications »[45]. C'est à partir du travail de ces unités qu'est décidée l'exploitation du créneau des réacteurs dits de petites tailles, dont la puissance se situe entre 1 et 10 MW, qui aboutissent aux projets commerciaux du SLOWPOKE et du MAPLE. La R&D tente alors peu à peu de s'orienter de la recherche fondamentale et appliquée vers la réalisation de contrats et de projets commerciaux. ÉACL se félicite d'ailleurs que ses laboratoires aient pu contribuer, par l'entremise des revenus de divers contrats industriels, à 16% du budget de R&D de la compagnie pour l'année 1983: « At the moment AECL has succeeded in supplementing the R&D

---

[43] Rapport de D. Cowper, *op. cit.*, p. 4.

[44] Lettre de J. Rogers (analyste au ministère des Finances) à R. Veilleux (Vice-président d'ÉACL aux affaires intergouvernementales), RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 19 octobre 1983.

[45] Rapport de D. Cowper, *op. cit.*, p. 8.

operating vote ($180 M) to the extent of $35M by commercial income from products and services directly emanating from its R&D division »[46].

Même si le ministère des Finances reconnaît qu'ÉACL, depuis la fin des années 1970, a surmonté de sérieuses convulsions pour se réorienter d'une « technologically focused organization to one which is both commercially and technologically competent »[47], les mesures prises pour réaliser des économies sur son budget de fonctionnement ne semblent pas le satisfaire. En mars 1983, ÉACL procède pourtant au licenciement de 510 employés, dont 167 ingénieurs et scientifiques[48]. Cette mesure est suivie au mois de novembre par la mise à pied de 240 employés au sein de la SR[49]. Cependant, les fonctionnaires du ministère des Finances ne sont pas convaincus de la capacité d'ÉACL à présenter, seule et sans contrôle ou droit de regard extérieur, des options concrètes visant à maintenir l'option CANDU de la manière la plus économique possible: « We are concerned that the essentially non-arms length nature of AECL's review of its operations [...] will result in conclusions and recommendations understandly in concert with AECL's corporate policy objectives but not necessarily in the public interest »[50].

Il en est de même quant à la volonté affichée par les dirigeants d'ÉACL de répondre aux exigences budgétaires du gouvernement: « We are left with the uneasy feeling that [...] the conclusions and recommendations on how to trim down their

---

[46] *Ibid.*, p.8.

[47] Mémo de J. Rogers à T. Kane, « MSERD Review of AECL Progress Report », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 1er mai 1984, p. 1.

[48] « AECL lays off 510 », *The Globe and Mail*, 10 novembre 1982, p. 5.

[49] W.G. Hatton, « Presentation to AECL Board of Directors – Radiochemical Company Downsizing », A-2015-00517, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information.

[50] Mémo de T. Kane à G. Tough, « AECL Rationalization Plan », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 3 novembre 1983, p. 1.

operations may not be sufficiently in the public interest to be endorsed by Finance »[51]. Des *think tanks* tels que l'Institut C.D. Howe abondent dans le même sens, allant jusqu'à prôner, si sa situation financière ne s'améliore pas rapidement, une privatisation partielle de l'entreprise: « If prospects do not improve, AECL could be scaled down and parts of its activities transferred to private firms in the nuclear industry, thereby reducing federal payments »[52]. Entretemps, les licenciements se poursuivent. En février 1985, ÉACL met à pied 540 employés, réduisant ses effectifs d'un tiers[53]. Alors qu'il était question, entre 1975 et 1980, de contrôler les finances de la compagnie puis, entre 1980 et 1985, d'examiner et d'appliquer des options de rationalisation, à partir de 1985, il s'agira désormais non seulement de rationaliser, mais aussi de privatiser.

2.3 L'initiation du processus de privatisation de la SR (mars 1985 – février 1987)

En septembre 1984, l'arrivée au pouvoir du Parti Conservateur du Canada, avec à sa tête Brian Mulroney, fait croître les pressions en vue de rentabiliser ÉACL. De manière générale, les compagnies de la Couronne doivent maintenant fonctionner de manière plus « efficace » et s'adapter à l'introduction de pratiques de gestion appliquant une « discipline de marché »[54]. Dès la fin de l'année 1984, le gouvernement se lance dans une évaluation des compagnies de la Couronne, en particulier celles au fort potentiel commercial, dans le but de trouver des moyens d'en augmenter la rentabilité. Ainsi, en novembre, un document publié par le ministère des Finances mentionne que: « not all Crown corporations pose a financial burden on the

---

[51] *Ibid.* p. 3.

[52] « Huge costs build up on AECL stockpile », *Globe and Mail*, 20 août 1984, p. B1.

[53] « Atomic Energy of Canada lays off third of workforce », *Financial Times*, 21 février 1985, p. 5.

[54] Ian Slater, « To Market, To Market: Innovation, Canada's Nuclear Industry, and the Case of the Nuclear Battery », *Journal of Canadian Studies*, vol. 46, no. 1, 2012, p. 85.

government, but for those that do, we must examine how that load could be reduced and how, generally, our corporations can be more effective agents of economic growth »[55]. Si toutes les compagnies de la Couronne n'ont pas de visées commerciales, le ministère des Finances considère que celles qui en ont doivent être évaluées rapidement afin de déterminer si la propriété publique est dans leur meilleur intérêt ainsi que celui du pays[56].

L'initiative qui se veut pragmatique est marquée par un objectif de nature plus idéologique: le gouvernement Mulroney considère en effet qu'une entreprise est toujours mieux gérée dans le secteur privé que dans le public, l'État devant s'astreindre à réduire au minimum ses interventions dans l'économie du pays. C'est ainsi qu'en mai 1985, un groupe de travail interministériel sur la privatisation, dirigé par le président du Conseil du Trésor, recommande que le gouvernement se dessaisisse de toute entreprise dont il serait établi qu'elle ne remplit aucun objectif de politique publique et qui n'aurait, par conséquent, aucune raison de demeurer dans le giron étatique[57]. Pour faire suite à ces recommandations, le ministre des Finances Michael Wilson déclare lors de son discours budgétaire que: « Crown corporations with commercial value but no ongoing public policy purpose will be sold »[58]. Par cette politique, le gouvernement entend remplir trois objectifs: premièrement, contribuer à la réduction de la taille de l'État dans l'économie; deuxièmement, arrimer l'allocation des ressources gouvernementales et les prises de décisions aux forces du marché; troisièmement,

---

[55] Document présenté par M. Wilson (ministre des Finances), « A New Direction for Canada: An Agenda for Economic Renewal », 8 novembre 1984, p. 63. Disponible sur: http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/fin/F2-62-1984-eng.pdf, consulté le 7 mai 2016.

[56] *Ibid.*

[57] Jan Jörgensen et Taïeb Hafsi, « Privatization in Canada », dans V.V. Ramanadham (dir.), *Privatisation: A Global Perspective*, London, Routledge, 1993, p. 153.

[58] Cité dans Janet Smith, « Canada's Privatization Program », dans J.J Richardson (dir.), *Privatization and Deregulation in Canada and Britain*, Halifax, Institute for Research on Public Policy, 1990, p. 43.

réduire les obligations d'emprunt du gouvernement à travers la vente des actifs de ses entreprises publiques[59].

Dans le cadre de la politique de révision du statut et du fonctionnement des compagnies de la Couronne, le ministère de l'ÉMR est chargé d'effectuer l'évaluation des trois principales entreprises se trouvant sous sa tutelle: Pétro-Canada, la minière d'uranium Eldorado Limited et ÉACL. L'évaluation d'ÉACL se retrouve dans un mémoire au Cabinet du Premier ministre, déposé par la ministre de l'ÉMR Patricia Carney en mars 1985. Le mémoire reflète la volonté gouvernementale de minimiser sa participation au soutien des activités de l'entreprise, en particulier au financement de ses activités de R&D[60]. Son orientation s'inscrit également dans la continuité des différentes revues et évaluations des activités d'ÉACL effectuées entre 1981 et 1983 et discutées plus haut. Ainsi, le premier objectif du mémoire est de définir un programme pour la préservation de « l'option CANDU », en reconnaissance des faibles perspectives de ventes de centrales dans la décennie à venir. Cet objectif est confirmé dans un document produit par le ministère de l'ÉMR, en août 1985, situant la réévaluation des activités d'ÉACL dans la perspective d'une: « rationalization of Canadian nuclear industry triggered by a realignment of the corporate structure and business activities of AECL »[61].

La volonté gouvernementale de réduire son soutien financier à l'industrie nucléaire, conjuguée à sa politique globale de réduction des déficits publics, se concrétise par la formulation d'un certain nombre de recommandations, dont la fermeture des usines d'eau lourde de Laprade et de Hawksebury constituerait un

---

[59] Document du Corporate Development and Economic Analysis Branch (ÉMR), « AECL Privatization Review», RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3525-A0003-003, boîte 15, dossier 1V, 16 août 1985, p. 1.

[60] Mémoire au Cabinet présenté par Patricia Carney (ministre de l'ÉMR), « Expenditure Reductions by Atomic Energy of Canada Ltd. », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, mars 1985, p. 1.

[61] Document ÉMR, « AECL Privatization Review », RG 19, PRI 3525-A0003-003, boîte 15, dossier 1 V, 16 août 1985, p. 1.

premier pas: « toward bringing the Canadian nuclear industry in line with the new economic realities which confront it »[62]. Deux recommandations présentent un intérêt particulier pour la suite de notre propos: premièrement, le mémoire demande que les ministres du gouvernement approuvent un plan de réduction immédiat de 20 M$ des dépenses en R&D d'ÉACL. Cette mesure est complétée, au mois de mai, par la présentation d'un plan étalé sur cinq ans, faisant passer le budget de la R&D d'ÉACL de 200 M$ en 1985 à 100 M$ en 1990. Deuxièmement, le mémoire recommande que les ministres approuvent la privatisation partielle de la SR, une mesure qui: « as well as being consistent with government philosophy, could be expected to produce revenues for the Consolidated Revenue Fond »[63]. Dans ce cadre, ÉACL serait amenée à préparer un plan visant à ouvrir le capital de sa division des radio-isotopes à des investisseurs privés, le gouvernement lui permettant par ailleurs d'y retenir une part minoritaire d'actions[64].

Pour justifier la première mesure, l'ÉMR argue qu'en vertu des perspectives peu reluisantes du marché des centrales CANDU, les dépenses en R&D d'ÉACL n'offriraient, dans un futur proche, que peu d'espoirs de retombées commerciales. De plus, c'est le gouvernement fédéral qui a, depuis 1945, financé l'essentiel de la R&D d'ÉACL, assumant presque entièrement les coûts du développement de sa technologie. C'est à présent au tour des compagnies d'électricité provinciales, et en particulier de l'Ontario, qui a bénéficié de l'essentiel des retombées économiques de ce programme, de prendre le relai. L'ÉMR est consciente que la réduction du budget de R&D d'AÉCL aura des conséquences négatives sur sa capacité d'innovation: « The proposed reduction in R&D spending by AECL will to some extent weaken the corporation's research capability ». Mais elle considère que l'impact sera minimisé si les coupures

---

[62] Document en annexe du mémoire au Cabinet présenté par Patricia Carney, RG 19, vol. 6779, dossier 1V, mars 1985, p. 1

[63] Mémoire au Cabinet présenté par Patricia Carney, mars 1985, *op. cit.*, p. 2.

[64] *Ibid.*, p. 1.

sont effectuées sur des projets jugés « à faible priorité ». La R&D devra désormais avoir une visée utilitaire et générer elle-même les sources de son financement: « the R&D sector of AECL must further re-orient the use of its existing resources [...] and put more of its skills to work in developing new and profitable goods and services »[65]. Pour atteindre cet objectif, ÉACL devrait mettre ses projets de R&D au service du développement de produits commerciaux et travailler en étroite collaboration avec le secteur privé, lui transférant ses activités quand cela s'y prête. Étant donné que le marché du CANDU n'offre pas de débouchés, les projets de R&D devront être diversifiés et réorientés vers le développement de réacteurs qui ne sont pas de cette lignée. On vise en particulier: « the development of the MAPLE class of research reactors for which there may be a significant overseas market »[66]. Selon le souhait du gouvernement, le programme de réalignement des activités de R&D d'ÉACL devrait être engagé immédiatement et complété dans un horizon de cinq ans. À travers ce processus, le financement fédéral du programme nucléaire canadien serait réduit, selon les estimations de l'ÉMR, de 331 millions en 1984/85 à 125 millions en 1990/91[67].

Quant à la seconde mesure, consistant à ouvrir le capital de la SR, elle est justifiée par le fait qu'ÉACL devra, dans les prochaines années, entreprendre: « the privatization of certain applied activities of the nuclear program which can be self-sustaining in the private and semi-private sector »[68]. La SR est l'un des plus grands producteurs de radio-isotopes au monde et la croissance continue de ses revenus commerciaux indique qu'elle serait susceptible d'attirer les investisseurs privés. De plus, dans une optique de réduction du déficit public, l'ouverture de son capital constituerait une entrée d'argent directe, résultant en une « one-shot injection of funds

---

[65] Document ÉMR, « Realignment of AECL activities/ Réorientation des activités d'ÉACL», RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 13 mars 1985.

[66] *Ibid.*, p. 15.

[67] *Ibid.*, p. 1.

[68] *Ibid.*, p. 11.

into CRF [Fonds de Revenus Consolidé] ». La divisions d'ingénierie, Opérations CANDU, ainsi que la Société de la recherche d'ÉACL, regroupant les activités de R&D et l'opération des réacteurs NRU et NRX, sont quant à elles jugées difficilement privatisables à court terme. Pour ce qui est de la première, étant donné l'état des discussions sur le rôle du CANDU dans la politique énergétique nationale et les garanties financières nécessaires à la vente d'une centrale à l'étranger, une tentative de privatisation immédiate et complète serait vouée à l'échec. Quant à la Société de la recherche, on considère que les investissements substantiels et les longs délais associés à la R&D nucléaire constitueraient des facteurs décourageants pour des investisseurs privés. En somme, face aux difficultés économiques des divisions d'ingénierie et d'eau lourde et devant le peu de perspectives offertes par les laboratoires de recherche, la SR semble être la branche d'ÉACL au potentiel commercial le plus évident. Le rapport de l'ÉMR souligne d'ailleurs que le marché des produits de la médecine nucléaire a connu une croissance de 500% durant la dernière décennie et que la SR jouit d'un marché déjà bien défini qui réalise plus de 90% de ses profits sur des marchés étrangers[69].

La décision de privatiser partiellement la SR est accompagnée par la haute direction d'ÉACL et son president James Donnelly: « Following Ministers' approval, the Corporation has embarked upon a review of the Radiochemical Company component of its operations with a view to determining the feasibility of privatizing this segment of its activities »[70]. En réalité, la « rationalisation » de la division des radio-isotopes est lancée par ÉACL, dès janvier 1985, lorsque Donnelly annonce aux employés de la SR que sa branche responsable du développement des produits médicaux sera séparée des branches de production des radio-isotopes et d'irradiation

---

[69] *Ibid.*

[70] Lettre de J. Donnelly à Patricia Carney, « Realignment of AECL Activities / Opportunities for Privatization », RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3525-A0003-003, boîte 15, dossier 1V, 12 août 1985, p. 2

industrielle des aliments et des instruments médicaux[71]. Séparée du reste de la SR, cette branche tombe directement sous le contrôle d'ÉACL et prend le nom de Division des produits médicaux (DPM). Le but premier de l'opération est d'isoler le commerce rentable des radio-isotopes des opérations déficitaires de développement et de vente d'appareils médicaux, en particulier des accélérateurs linéaires.

Mais l'intention d'ÉACL est d'aller plus loin, puisqu'à moyen terme, elle envisage de se retirer complétement du secteur des accélérateurs médicaux, ses tentatives de développer un appareil performant se heurtant à des échecs successifs depuis une dizaine d'années. Malgré les déboires rencontrés dans ce secteur, la SR est au début de l'année 1985 une entreprise florissante, employant 800 personnes et engagée dans quatre secteurs d'activités distincts mais interdépendants, dont trois sont financièrement rentables: la production de radio-isotopes pour la médecine et l'industrie, la fabrication de produits radio-pharmaceutiques, l'irradiation industrielle des aliments et des instruments médicaux[72]. Avec la crise économique que traverse le secteur électronucléaire depuis la fin des années 1970, la SR prend une importance croissante dans le maintien de l'équilibre financier d'ÉACL. Entre 1980 et 1985, la part fournie par la SR aux revenus totaux d'ÉACL passe en effet de 9.2% (55.2 M$) à 24.3% (82.5 M$), alors que les revenus attribuables à la vente d'équipements et de services électronucléaires passent, durant la même période, de 68.1 à 43.0%[73].

---

[71] Paul Litt, *Isotopes and Innovation. MDS Nordion's First Fifty Years*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2000, p. 203.

[72] Le Therac-25 a été le dernier modèle d'accélérateur linéaire médical développé par ÉACL à partir de 1982. Sa commercialisation s'est soldée par un désastre en 1987, lorsque cinq patients sont décédés après avoir reçu des surdoses massives de radiations. Voir: Litt, *op. cit.*, pp. 202-206; Engin Bozdag, « Therac-25 and the Security of the Computer Controlled Equipment », *Ethics of Science and Technology (WM0314IN)*, 2009. Disponible sur: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.96.369&rep=rep1&type=pdf, consulté le 12 mars 2017.

[73] Document ÉMR, « AECL Privatization Review », RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3525-A0003-003, boîte 15, dossier 1V, 16 août 1985, p. 10.

Lorsque la DPM est créée au mois de janvier 1985, ÉACL est déjà dans l'anticipation de la perte des revenus qu'occasionnera la privatisation, même partielle, de la SR. Tout en appliquant la politique gouvernementale, elle va tenter de garder un certain contrôle sur sa filiale, afin de retenir une partie importante des revenus qu'elle engrange, mais également pour continuer à influer sur sa stratégie technologique et commerciale. Dans cette optique, entre l'été 1985 et le printemps 1986, ÉACL développe un plan d'affaires qui prévoit la partition de la SR en trois branches. La première serait constituée de la DPM, mais amputée des activités de développement, de fabrication et de vente d'accélérateurs médicaux. Elle se limiterait désormais à vendre et à fournir des services de soutien pour les produits de la thérapie au cobalt et des simulateurs permettant de s'entraîner à l'opération d'appareils médicaux[74]. La seconde branche réunirait le conditionnement et la distribution des radio-isotopes ainsi que l'irradiation industrielle, constituant ainsi la nouvelle SR. La troisième branche serait dotée de la capacité manufacturière de la compagnie, c'est-à-dire des moyens de production, et jouerait en quelque sorte le rôle de fournisseur de la DPM et de la SR. ÉACL retiendrait 100% des parts de cette dernière et procéderait à la privatisation de la SR et de la DPM dépourvues de capacité manufacturière, tout en y retenant respectivement 25% et 30% des parts.

Cette stratégie permet à ÉACL de montrer sa bonne foi quant à l'application de la politique gouvernementale, tout en s'assurant de garder le contrôle des moyens de production et de se garantir une bonne part des revenus de ses anciennes divisions. Cela ne va d'ailleurs pas sans susciter la colère au sein du Bureau du conseil privé, dont le secrétaire parlementaire Paul Dick accuse ÉACL de vouloir privatiser: « some of its involvement, but in actual fact keeping control through the minority share interests and

[74] Document ÉACL, « Radiochemical Company Privatization Summary Paper - Scope of Entity to be Privatized », RG 19, BAN 2005-00300-X-1, PRI 3000-001, dossier 19V, 21 mai 1986, p. 2.

by maintaining full control over manufacturing »[75], ce qui revient selon lui à une tentative de subversion de la politique gouvernementale.

Jusqu'au printemps 1986, la revue de la privatisation des différentes parties d'ÉACL, et en particulier de la SR, demeure en grande partie entre les mains des fonctionnaires de l'ÉMR et des dirigeants d'ÉACL. Les mémoires au Cabinet et les documents de travail soumis par l'ÉMR sont le résultat d'une étroite collaboration entre les deux organisations. À partir de mars 1986, le ministère des Finances ainsi que le Secrétariat à la privatisation, une entité nouvellement créée par le gouvernement afin de mieux coordonner les différents processus de privatisation entrepris depuis un an, se joignent à la revue de la SR. Des fonctionnaires des deux ministères, ÉMR et Finances, du Secrétariat à la privatisation et du Conseil du Trésor forment alors un groupe de travail où vont se poursuivre, jusqu'en janvier 1987, les discussions au sujet de l'avenir de la SR.

Cependant, le mémoire qui documente l'avancée des discussions du groupe de travail, soumis au Cabinet en juin 1986, reflète toujours les vues de l'ÉMR et la stratégie d'ÉACL. Pour preuve, la première recommandation consiste à demander l'approbation de la privatisation d'une entité, nommée temporairement NEWCO, qui inclurait la vente des radio-isotopes, les services d'irradiation industrielle des aliments et les services des produits médicaux. Cette position diffère de la stratégie d'ÉACL uniquement du fait que l'on juge désormais que la SR et la DPM devraient être privatisées en une seule et même entité. Cela devrait en effet, « rendre encore plus intéressante l'acquisition de la société, qui de cette manière constituerait une entité jouissant d'un plus gros potentiel de croissance »[76]. Par ailleurs, le mémoire relaie la

---

[75] Lettre de P. Dick à P. Carney, RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3300-A0003-001, boîte 17, dossier 1V, 19 août 1985; lettre de P. Dick à R. de Cotret (président du Conseil du Trésor), RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3300-A0003-001, boîte 17, dossier 1V, 18 octobre 1985.

[76] Mémoire au Cabinet soumis par le ministre de l'ÉMR, RG 19, PRI 3525-A0003-002, boîte 8, dossier 1CA, 11 juin 1986, p. 4.

position du C.A. d'ÉACL qui souhaiterait conserver « une participation minoritaire importante dans NEWCO »[77].

Ces deux recommandations formulées par ÉACL répondent à des préoccupations importantes. La première concerne l'impact qu'aura la privatisation de la SR sur ses finances. En effet, si le mémoire reconnaît que la privatisation résorbera, dans un premier temps, une partie des pertes d'ÉACL, il rappelle aussi que: « la Société radiochimique est une importante source de recettes pour ÉACL, et [que] sa vente l'obligerait probablement à puiser dans le fonds de revenus consolidés une somme supplémentaire correspondant aux ressources d'autofinancement que lui aurait procuré la NEWCO »[78]. La seconde préoccupation d'ÉACL est de déterminer si certains actifs et technologies de la DPM devraient être transférés dans NEWCO ou si la DPM devrait être privatisée séparément de la SR. ÉACL penche plutôt pour son inclusion dans NEWCO, à cause de la synergie existant entre les activités de production de radio-isotopes, d'irradiation industrielle et de services des produits médicaux. Cette synergie apparait notamment au niveau du partage des capacités manufacturières et de l'expertise commune relative aux applications du Co-60. ÉACL se rend peut-être également compte que l'état déficitaire de la DPM rendrait difficile sa privatisation en tant qu'entité séparée. Une manière de faciliter sa vente consisterait à l'intégrer à la SR qui, elle, offre des perspectives de croissances et engrange les profits. Cette problématique est en tous cas parfaitement comprise du côté du ministère des Finances, dont un rapport indique qu'une privatisation séparée de la SR: « would leave AECL with the unprofitable Medical Products and CANDU Operations Division », ce qui

---

[77] *Ibid.*

[78] *Ibid.*, p. 18.

limiterait sévèrement: « the potential to privatize these remaining commercial activities (particularly the Medical Products Division) »[79].

Face au mécontentement suscité par sa précédente stratégie, ÉACL renonce désormais à conserver la capacité manufacturière de la SR. En accord avec l'ÉMR, elle espère par contre que les parts de NEWCO seront distribuées de manière à ce qu'entre 40 et 50% reviennent à un groupe d'entreprises dont elle ferait partie et 50 à 60% au public, avec l'option éventuelle de céder 5 à 10% des parts aux employés de la SR[80]. Cette position reprend une recommandation de la firme Gordon Capital, engagée par l'ÉMR à titre de conseiller financier sur la privatisation de la SR. Gordon Capital suggère une telle répartition car celle-ci combinerait plusieurs avantages. D'abord, la présence d'un actionnaire majoritaire permettrait de maximiser les économies d'échelle. Ensuite, en ouvrant la participation au public, le gouvernement pourrait se targuer de faire profiter les citoyens canadiens des bénéfices de la privatisation. En l'ouvrant aux employés, il pourrait également neutraliser une éventuelle opposition syndicale à la privatisation. Finalement, une privatisation partielle aurait l'avantage de reporter le besoin immédiat d'entrer dans des ententes commerciales précises entre ÉACL et les autres actionnaires, relativement à l'approvisionnement des radio-isotopes et au transfert de la propriété intellectuelle de certaines technologies médicales. En somme, Gordon Capital pense qu'une participation conjointe entre ÉACL, une grande entreprise privée, les employés de l'entreprise et le public fournirait: « the greatest range of opportunity and flexibility and appears to provide the best compromise of the

[79] Note de service d'un sous-ministre (non identifié) à Michael Wislon (ministre des Finances), « Privatization of the Radiochemical Company of AECL », RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3625-A0003-003, boîte 28, dossier 1 CA, 18 avril 1986, p. 4.

[80] « Radiochemical Company Privatization », RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3625-A0003-003, boîte 28, dossier 1 CA, mai 1986, p. 4.

varying interests of AECL, Canada and the RCC [Radiochemical Company, acronyme anglais de la SR] »[81].

La position de l'ÉMR en faveur de la rétention d'une partie de NEWCO par ÉACL n'est pas partagée par le ministère des Finances, surtout que la compagnie de la Couronne demande à ce que l'essentiel des revenus de la privatisation lui reviennent. Le ministère des Finances considère que la valeur marchande de la SR est attribuable aux investissements historiques effectués par le gouvernement fédéral dans la R&D d'ÉACL et que c'est donc grâce à lui que la SR a pu développer des produits et des procédés commercialisables. Il argue également que la présence minoritaire d'ÉACL dans une SR privatisée exposerait, en vertu du principe de « deep pockets liability »[82], le gouvernement à un risque financier inacceptable. En cas d'accumulation de dettes ou de faillite de NEWCO, ce serait au gouvernement, via ÉACL, d'en assumer les frais, puisqu'il serait permis au poursuivant de réclamer le dédommagement auprès du défendant qui est en capacité de payer et non pas auprès de celui qui est fautif. Les acquéreurs privés de la SR verraient sûrement la présence minoritaire d'ÉACL comme une assurance de ce type. Bien que le gouvernement puisse utiliser cet argument pour faire augmenter la valeur marchande de la SR, le ministère des Finances croit que le risque encouru serait supérieur au bénéfice attendu et préconise par conséquent: « either complete privatization of the business or its continued retention as a wholly owned operating division of AECL »[83], en privilégiant la première option.

En somme, la position du ministère des Finances tient en deux points: premièrement, ÉACL ne doit retenir aucune part dans la future entreprise privatisée;

---

[81] « Radiochemical Company Privatization – Methods of Sale », annexe A du rapport soumis par Gordon Capital à L. Good (sous-ministre adjoint à l'ÉMR), RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3430-A0003-003-004, boîte 24, dossier 1 C3A, 13 mai 1986, p. 1.

[82] Note de service d'un sous-ministre (non identifié) à Michael Wislon (ministre des Finances), RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3625-A0003-003, boîte 28, dossier 1 CA, 18 avril 1986, p. 3.

[83] *Ibid.*

deuxièmement, en guise de retour sur les investissements historiques consentis dans l'industrie nucléaire, les revenus nets de la privatisation de la SR doivent être intégralement versés au fonds de revenus consolidés du gouvernement. Il reconnaît toutefois que la privatisation selon ces deux termes pourrait avoir un impact profond sur la viabilité du reste des activités commerciales d'ÉACL, ainsi que sur la structure des ententes qui seront conclues entre la Société de la recherche et la future SR privatisée. En effet, le plan d'entreprise quinquennal présenté par ÉACL en 1986 fait reposer son équilibre financier et sa stratégie future sur la rétention des revenus générés par les activités de la SR. Ces revenus compenseraient notamment les coupures dans son budget de R&D, devant être divisé par deux en 1991 par rapport à son niveau de 1985. Considérant cela, il apparait essentiel au ministère des Finances que le processus de privatisation se poursuive selon les termes qu'il a fixés, mais avec l'exigence qu'ÉACL prépare un plan où elle explique la manière dont elle s'ajusterait: « to the loss of the RCC's cash flow to maintain the viability of its remaining commercial activity »[84].

Sans surprise, la position du ministère des Finances est partagée par le Secrétariat à la privatisation qui recommande à son président de soutenir la proposition d'une cessation totale de la SR, à moins qu'il ne soit clairement démontré qu'une présence minoritaire d'ÉACL augmenterait significativement sa valeur à la vente[85]. Le Secrétariat reconnaît également l'importance de la perte financière encourue par ÉACL après la privatisation de la SR, évaluée dans le mémoire soumis en juin 1986 à 35 M$ sur les trois années à venir. Mais s'il est vrai qu'ÉACL pourrait légitimement aspirer à

---

[84] *Ibid.*, p. 4.

[85] Note de service de B.A. Bénéteau (conseiller au Secrétariat de la Privatisation) à L.J. O'Toole (président du Secrétariat à Privatisation), RG 19, BAN 2005-00300-X-1, PRI 3000-001, dossier 19V, 18 avril 1986.

recevoir une partie des revenus de la privatisation, le bien-fondé de sa requête devrait être examiné: « in the context of an overall review of [its] finances at the time »[86].

En juin 1986, le Secrétariat à la privatisation est remplacé par une organisation plus structurée, le Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires (BPAR). Coordonné par un sous-ministre, Janet Smith, qui agit sous l'autorité d'un ministre d'État, Barbara McDougall, le BPAR est créé pour: « résoudre les objectifs ministériels parfois contradictoires derrière la privatisation de certaines compagnies de la Couronne et servir de centre de recueil d'informations sur les processus de privatisation »[87]. Son implication dans la privatisation de la SR intervient justement dans un contexte où la contradiction entre les intérêts d'ÉACL et de l'ÉMR et ceux des Finances et du Conseil du Trésor est de plus en plus visible. En effet, dans une note transmise en septembre 1986 par le Secrétariat du Conseil du trésor à Janet Smith, les progrès sur le dossier sont jugés très lents: aucune rencontre du groupe de travail sur la privatisation n'a été tenue depuis le mois de juillet et aucun plan n'a été préparé pour les mois à venir. De plus, la stratégie de l'ÉMR est jugée floue et hésitante puisqu'aucune décision ferme et définitive n'a été prise quant à la méthode de privatisation, soit le choix entre une vente publique par émission d'actions ou une vente privée à un acheteur unique[88]. La reprise en main du processus par le BPAR s'opère dès le mois d'octobre, lorsqu'il fait remplacer Gordon Capital, jusqu'alors conseiller financier de l'ÉMR, par Wood Gundy, firme avec laquelle il assumera désormais la responsabilité des relations contractuelles[89].

---

[86] Note de B.A. Bénéteau à L. J. O'Toole, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 11, 2CA, 13 juin 1986, p. 2.

[87] Jan Jörgensen et Taïeb Hafsi, *op. cit.*, p. 156.

[88] Note de L.J. O'Toole à Janet R. Smith, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 11, dossier 2 CA, 8 septembre 1986, p. 2.

[89] Lettre de J. Smith à A. Kroeger (ÉMR), RG 19, BAN 1998-00640-9, PRI 3430-A0003-003-001, dossier 1 CA, 27 octobre 1986.

Au mois de novembre 1986, le mémoire au Cabinet relatif à la privatisation de la SR, qui sera le dernier déposé par l'ÉMR, montre déjà une inflexion vers les vues défendues par le ministère des Finances, que ce soit au sujet de la question du partage des revenus de la vente ou celle de la participation d'ÉACL dans la SR privatisée. Pour ce qui est du premier point, le mémoire recommande que les revenus nets de la vente de la SR soient versés dans leur totalité au fonds de revenu consolidé, même s'il reconnaît que cela aggraverait les difficultés financières d'ÉACL[90]. Si le mémoire suggère toujours qu'une participation minoritaire d'ÉACL, restreinte à une période de temps limitée, pourrait s'avérer bénéfique, il souligne néanmoins que celle-ci témoignerait d'une privatisation incomplète, contraire à l'esprit de la politique gouvernementale. La privatisation partielle pourrait être également interprétée comme un signe que la SR joue un rôle de politique publique, alors que le gouvernement s'était engagé à ne se séparer que des compagnies ne remplissant pas un tel rôle. Alors que le mémoire du mois de juin considérait séduisante l'option d'une ouverture du capital de la SR à ÉACL, à un investisseur privé et au public, celui du mois de novembre ne considère que l'option d'une privatisation complète à un seul acheteur privé ou une ouverture du capital au public par l'émission d'actions. Les avantages et les inconvénients de chacune de ces deux options sont présentés sans que l'on ne tranche entre l'une ou l'autre et, dans le cas de la seconde option, sans qu'une éventuelle participation minoritaire d'ÉACL ne soit mentionnée.

Dans le même mémoire, ÉACL prédit une importante contribution de la SR à ses revenus, à court et à moyen terme. Ses prédictions s'appuient sur des projections de forte croissance dans le secteur de l'irradiation industrielle destinée à des applications déjà existantes, telle que la stérilisation des équipements médicaux, ou en émergence, telle que l'irradiation des aliments. Le mémoire considère néanmoins que

---

[90] Mémoire au Cabinet du Premier ministre, « Privatization of the RCC and MPD of AECL », ministère de l'ÉMR, RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3430-A0003-003-004, boîte 24, Part 1 C3A, 18 novembre 1986, p. 1.

la situation financière globale d'ÉACL dans le futur dépendra moins des revenus de la SR que de sa capacité à vendre des centrales CANDU et à obtenir des fonds de recherche auprès des compagnies d'électricité provinciales. En résumé, le mémoire juge que: « in the broader picture, the impact of NEWCO's privatization is small. Loss of the cash from the RCC would aggravate a difficult financial situation but would not be the single crucial factor in determining AECL's financial health »[91]. Sur cette question, ÉACL avait d'ailleurs décidé, dès le printemps 1986, d'anticiper la position du groupe de travail sur la privatisation. Le mémoire mentionne en effet que la Société de la recherche d'ÉACL a négocié une entente de principe avec la SR, relativement à l'approvisionnement des radio-isotopes produits dans le NRU et le NRX. D'une durée de 20 ans, l'entente lui permet d'augmenter de 35% sa part sur les revenus de la vente des radio-isotopes[92]. ÉACL espère ainsi compenser le manque à gagner encouru si la SR venait à être privatisée sans qu'elle puisse y conserver de part, ni toucher les revenus de sa vente.

Lors d'une réunion tenue le 12 janvier 1987, ÉACL présente sa situation financière auprès de fonctionnaires de l'ÉMR et des finances. Celle-ci est décrite comme étant très négative et ne pouvant qu'empirer dans le futur. La situation est telle que la solvabilité de l'entreprise pourrait même être remise en cause dans les deux années à venir, en particulier si la privatisation de la SR allait de l'avant tel que prévu[93]. Depuis deux ans, les revenus des radio-isotopes ont pris une importance considérable dans le bilan comptable d'ÉACL, devant la branche d'ingénierie du CANDU (voir Figure 2.1). Pour les années 1985-86 et 1986-87, ils rapportent 15.3 et 19 M$ en revenus nets, contre 5.6 et 2.2 M$ pour les services d'ingénierie. ÉACL prévoit même

---

[91] *Ibid.*, p. 25.

[92] *Ibid.*, p. 19.

[93] Mémo de M. Marion (ministère des Finances), « AECL Financial Situation », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 16 janvier 1987, p. 1.

qu'en 1987-88 sa division d'ingénierie sera déficitaire de 3 M$, alors que la SR devrait lui rapporter 20 M$ en revenus nets et 23.6 M$ en 1988-89[94]. Pour cette raison, le C.A. d'ÉACL argue en faveur d'une rétention de l'intégralité des revenus de la privatisation de la SR, alors estimés à 100 M$. Le ministère des Finances admet que la perte des revenus de la SR accentuera les difficultés de financement de la Société de la recherche, mais il ne démord pas de sa position précédente, affirmant que la situation globale d'ÉACL « will not be determined by RCC revenues or proceeds from divestiture, but by the timing of new reactor orders »[95].

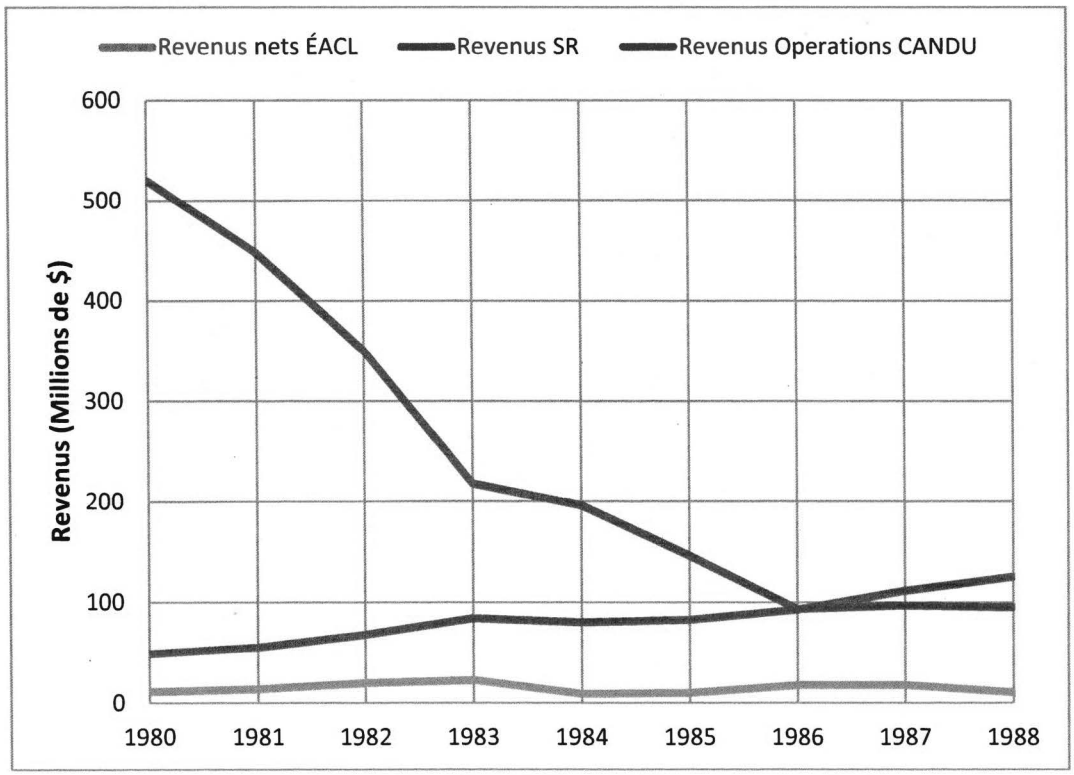

Figure 2.1 Évolution des revenus de la SR et de la branche d'ingénierie d'ÉACL (1980-1988)

[94] « AECL Situation Report ». Document produit par le ministère des Finances, RG 19, vol. 6780, dossier 7 PA, hiver 1986-87, p. 2.

[95] *Ibid.*, p. 5.

2.4 De la Société radiochimique à Nordion International Inc. (janvier 1987 – septembre 1988)

En janvier 1987, l'ÉMR désigne un nouveau président à la tête du C.A. d'ÉACL. Il choisit Basil A. Bénéteau qui y siégeait déjà depuis le début des années 1980 et qui avait été, avant cela, président de la compagnie Northern Telecom Ltd. La nomination de Bénéteau n'est probablement pas due au hasard, puisqu'il a également occupé, au printemps 1986, le poste de conseiller au sein du Secrétariat à la privatisation, l'ancêtre du BPAR. En prélude à une rencontre avec Janet Smith, prévue en février 1987, Bénéteau soumet une note au BPAR où il fait part de ses réflexions au sujet de la privatisation de la SR. Il y partage la philosophie gouvernementale quant à la nécessité de privatiser les compagnies de la Couronne en général et la SR en particulier. Il pense notamment que le gouvernement ne devrait pas s'ingérer dans les affaires économiques du pays car: « whatever government does commercially, the private sector can do better at less cost or more profit »[96].

Bénéteau souligne également la nécessité d'assainir les comptes publics, l'arrêt de l'hémorragie financière causée par le financement des sociétés d'État faisant partie intégrante de la solution au problème. Finalement, le gouvernement étant à court de liquidités, toute contribution à la réduction du déficit public serait la bienvenue, aussi modeste soit celle apportée par la vente de la SR. Bénéteau pense néanmoins que la meilleure période pour privatiser la compagnie se situe entre 1991 et 1992. ÉACL prévoit en effet que la SR générera à ce moment-là des revenus nets de 59 M$. Considérant que la SR accapare déjà 90% du marché mondial des sources de Co-60, il considère judicieux qu'ÉACL continue à superviser son activité dans le secteur de

[96] Note de B.A. Bénéteau à Ken Stein, « Thoughts on the Privatization of the Radiochemical Company », RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 11, dossier 2 CA, 18 février 1987, p. 1.

l'irradiation industrielle qui est appelé à connaître une croissance importante dans les quatre années à venir.

Bénéteau juge que sa stratégie comporte un double avantage: elle maximise les revenus nets de la privatisation pour le gouvernement, tout en permettant à ÉACL, durant la période où elle gardera le contrôle sur la SR, de se maintenir financièrement à flot[97]. D'ailleurs, dans cette perspective, Bénéteau propose de faire de la SR une entreprise dotée de l'autorité d'emprunter sur les marchés financiers pour faciliter ses projets d'expansion. Le BPAR considère cependant les propositions de Bénéteau avec peu d'enthousiasme, pour plusieurs raisons: premièrement, elles retarderaient la participation des provinces au financement de la R&D d'ÉACL. De plus, la période de rétention de la compagnie par ÉACL risquerait d'excéder la durée du mandat gouvernemental et rien ne dit qu'en cas d'un retour au pouvoir des Libéraux, la privatisation ne serait finalement pas abandonnée. Ensuite, le passif accumulé par la SR suite à un emprunt sur les marchés financiers réduirait probablement sa valeur à la vente. Finalement, il serait compliqué pour le gouvernement de déterminer si l'argent emprunté servirait réellement au développement du potentiel commercial de la SR ou s'il serait utilisé pour financer la R&D d'ÉACL[98].

En février 1987, un nouveau groupe de travail interministériel sur la privatisation est formé et présidé par une haut fonctionnaire du BPAR, Marie-Paule Scott[99]. La première réunion du groupe se tient le 1er avril avec l'objectif de préparer

---

[97] *Ibid.*, p. 2.

[98] Notes de Ken Stein (chef de la branche privatisation du BPAR) à J. Smith, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 11, dossier 2 CA, 18 février 1987.

[99] Le groupe est composé de quatre fonctionnaires du BPAR (Janet Smith, sous-ministre; Elizabeth Roscoe, chef de Cabinet; Ken Stein, chef de la branche Privatisation et Marie-Paule Scott), de deux fonctionnaires de l'ÉMR (Arthur Kroeger, sous-ministre; Luc Lavoie, chef de Cabinet); d'un représentant d'ÉACL (David Cuthbertson, directeur des affaires corporatives de la compagnie) et d'un sous-ministre adjoint issu du ministère de la justice pour superviser les aspects légaux de la privatisation. La banque Merrill Lynch Canada est également embauchée à titre de conseiller financier du groupe.

un mémoire au Cabinet du premier ministre contenant un plan de privatisation clair de la SR. Une première ébauche est produite par le BPAR dès la fin du mois de mai. La question d'un éventuel actionnariat minoritaire d'ÉACL dans la future entité privatisée, qui avait été laissée en suspens dans le dernier mémoire de l'ÉMR, est tranchée en faveur d'un désinvestissement total d'ÉACL[100]. Aussi, contrairement à la recommandation du précédent mémoire, il est suggéré que la DPM et la SR soient privatisées séparément et que les revenus des ventes soient intégralement versés au gouvernement, conformément à la position formulée par le ministère des Finances. En ce qui concerne la SR, on suggère une vente à une société privée qui soit sous contrôle canadien et à qui l'on céderait 100% des parts de la compagnie.

Ce n'est qu'au début du mois de septembre, un mois avant le dépôt final du mémoire au Cabinet, que le BPAR reçoit la position officielle du C.A. d'ÉACL[101]. Sa première recommandation rejoint celle formulée par Bénéteau au début de l'année, à savoir l'introduction, suivant l'annonce de la privatisation, d'une période de transition où ÉACL conserverait un contrôle partiel de la SR. Le C.A. d'ÉACL considère que cette période serait bénéfique non seulement pour le gouvernement, puisque la valeur de la SR pourrait se bonifier considérablement, mais aussi pour les clients et les fournisseurs de de la SR, qui verraient d'un bon œil le maintien du lien étatique avec une entreprise détenant une position de quasi-monopole sur certains secteurs industriels de la médecine nucléaire. Plus exactement, l'option proposée par le C.A. consiste en une privatisation en deux étapes: une première où ÉACL retiendrait 40% des parts de la SR durant une période transitionnelle d'au moins trois ans, et une seconde où les parts d'ÉACL seraient vendues au public. Ce plan d'action parait d'autant plus souhaitable que les liens technologiques entre ÉACL et une SR privatisée demeureront

---

[100] Ébauche du mémoire au Cabinet du Premier ministre présenté par le BPAR « Privatization of the Radiochemical Company and the Medical Products Division of Atomic Energy of Canada Limited », RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3525-A0003-002, boîte 8, dossier 1 CA, 22 mai 1987.

[101] Lettre de B.A. Bénéteau à J. Smith et la résolution du C.A. d'ÉACL, datée du 17 juin 1987, en annexe, RG 19, ERP 4815-013-001, vol. 6780, dossier 6V.

complexes. Leur maintien à travers un changement de propriété graduel, plutôt qu'une séparation abrupte, aurait une fonction rassurante auprès de la base de la clientèle et des fournisseurs de la SR, au premier rang desquels Ontario Hydro, qui est liée à ÉACL par des contrats d'approvisionnement en radiocobalt pour les 25 années à venir. ÉACL pense que les futurs propriétaires de la SR reconnaîtront la nécessité du maintien de ce lien, qui sera répercuté dans le prix qu'ils seront prêts à payer pour acquérir une part majoritaire dans la compagnie. Vu que la valeur globale de la SR aura sensiblement augmenté, grâce au décollage de l'industrie de l'irradiation des aliments, les conseillers financiers, Merrill Lynch pour le compte du BPAR et McLeod Young Weir pour le compte d'ÉACL, évaluent l'augmentation potentielle des revenus de la privatisation à une valeur oscillant entre 60 et 80 M$.

La seconde recommandation du C.A. touche au partage des revenus de la vente de la SR. Elle vise à faire reconnaître l'importance de la SR pour les finances d'ÉACL: « There is significant financial risk inherent in divesting AECL of the assets, earnings and cash generation of RCC without some form of replacement or partial retention of the proceeds »[102]. En d'autres termes, la question de l'attribution des revenus de la vente de la SR et celle de l'avenir d'ÉACL, dans un contexte de coupures budgétaires et de ralentissement de l'industrie nucléaire, deviennent intimement liées. Cette nouvelle réalité constitue un changement important par rapport au contexte qui prévalait jusqu'à la fin des années 1970. Si durant cette période, les radio-isotopes étaient considérés comme des sous-produits du programme de R&D d'ÉACL, à présent, ce sont les revenus générés par la vente des radio-isotopes qui deviennent essentiels à la viabilité des divisions de recherche et d'ingénierie. Le C.A. rappelle d'ailleurs que ce contexte particulier avait plus ou moins été anticipé au début des années 1980, puisque les investissements effectués par ÉACL dans le nouveau site industriel de la SR et dans les réacteurs d'Ontario Hydro qui produisent son Co-60,

[102] Mémo attaché à la résolution du C.A. d'ÉACL, *Ibid.*, 17 juin 1987, p. 3.

avaient pour but de fournir: « a security against the downturn in our other main commercial business »[103], celui des réacteurs CANDU.

Pour le vice-président d'ÉACL aux affaires gouvernementales, David Cuthbertson, la question des revenus de la vente de la SR: « is so vital to AECL and so linked to other current major AECL issues (e.g. reactor business, R&D funding) », que si la position du C.A. n'est pas prise en compte dans le mémoire du BPAR, ÉACL préférerait qu'aucune recommandation ne soit faite et que la question soit résolue après des discussions supplémentaires entre ÉACL, les ministères de l'ÉMR et des Finances[104]. Selon Cuthbertson, la contribution de la SR à la continuité des activités à court terme d'ÉACL est si importante que la privatisation complète de la division, avec le versement intégral des revenus au gouvernement: « will deprive AECL of source of funds with which to shore up over the next year or two a financial position which otherwise may well become untenable without a new reactor sale »[105]. Cela est d'ailleurs reconnu par le Conseil du Trésor qui affirme que la sécurité financière à long terme d'ÉACL dépendra d'un volume de commande adéquat de réacteurs CANDU, mais reconnaît également que: « the RCC cash flow provides a margin of safety that would enable AECL to survive short term reverses without radically downsizing its CANDU Operations Division »[106]. Face à une éventuelle privatisation totale de la SR où ÉACL n'aurait accès à aucune part des revenus de la vente, son C.A. propose que le gouvernement ne privatise que 60% de la compagnie. Les revenus nets de cette vente partielle, évalués à 60 M$, reviendraient à ÉACL qui utiliserait la moitié du montant

---

[103] *Ibid.*, p. 1.

[104] Lettre de D. Cuthbertson à K. Stein, RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 22 septembre 1987.

[105] « Financial Issues – Implications for AECL », document attaché à la lettre de D. Cuthbertson à K. Stein.

[106] Mémo de Stan McRoberts (Conseil du Trésor) à M-.P. Scott, « Comments on RCC/MPD Privatization », Annexe A, RG 19, ERP 4815-013-001, vol. 6780, dossier 6V, 11 septembre 1987, p. 1.

pour financer son programme de R&D. L'autre moitié servirait à couvrir les coûts associés aux activités commerciales passées de la SR.

La version finale du mémoire au Cabinet, déposée par le BPAR à la fin du mois de septembre, ne reflète aucune des positions exprimées par le C.A. d'ÉACL[107]. Il maintient d'abord que la SR et la DPM doivent être privatisées séparément et dans un avenir immédiat. S'appuyant sur la recommandation de son conseiller financier Merrill Lynch, le BPAR considère qu'il n'existe pas de synergie importante entre les secteurs de la production des radio-isotopes et celui du développement des appareils médicaux[108]. Les deux divisions touchent des clientèles différentes et on s'attend à ce que les acheteurs intéressés par ces deux divisions aient eux aussi des profils différents. Le BPAR est également conscient que la DPM, déficitaire depuis plusieurs années, représenterait un candidat beaucoup moins attractif pour un acheteur privé. Son inclusion dans la SR rendrait cette dernière plus compliquée à vendre et diminuerait sa valeur, tandis qu'une vente séparée: « would significantly enhance the realization of the sale proceeds and facilitate the conclusion of the sale »[109]. D'ailleurs, la SR est jugée comme un candidat idéal pour la privatisation précisément: « because [...] of its expected potential growth »[110].

La version finale du mémoire recommande également que les actifs de la SR soient regroupés dans une nouvelle filiale d'ÉACL et que 100% de cette filiale soit cédée par l'intermédiaire d'une vente privée. Le BPAR considère en effet que la SR ne

---

[107] « Privatization of the Radiochemical Company and the Medical Products Division of Atomic Energy of Canada Limited », mémoire du BPAR au Cabinet du Premier ministre, RG 19, BAN 2005-00606-8, PRI 3525-N0002-001, boîte 5, dossier 1 C34, septembre 1987, p. 1.

[108] Mémo de K. Stein à B. McDougall, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3300-A0003-002, boîte 15, dossier 1V, 4 novembre 1987.

[109] « Privatization of the Radiochemical Company and the Medical Products Division of Atomic Energy of Canada Limited », *op.cit*, p. 5.

[110] *Ibid.*, p. 15.

pourra atteindre son plein potentiel en demeurant la division d'une compagnie de la Couronne. L'accès au financement privé et la capacité à nouer des partenariats commerciaux dans des pays étrangers est requis pour garantir l'accès continu aux marchés internationaux, opérations qu'une compagnie de la Couronne comme ÉACL est jugée moins à même de réussir[111]. Une vente privée aurait quant à elle l'avantage d'ouvrir à la SR le marché des capitaux privés et lui donnerait accès à des marchés additionnels, à travers la clientèle déjà établie du nouveau propriétaire. Cette perspective serait encore plus attrayante si l'acheteur exerçait une activité économique dans des secteurs complémentaires à ceux de la SR[112]. Par rapport à ÉACL, un propriétaire privé possèderait nécessairement: « superior marketing and managerial skills », dont pourrait bénéficier la SR dans sa conquête des marchés internationaux[113].

La seule restriction s'appliquant aux entreprises qui manifesteront leur intérêt pour la SR est qu'elles devront être sous contrôle canadien, car: « the technology of the Company has been financed and developed by Canadians and future benefits should be retained by Canadians »[114]. Cette restriction répond aussi à une préoccupation d'OH qui, dès août 1986, avait formulé un certain nombre de réserves quant à la privatisation de la SR. En effet, ÉACL achète la plupart de son Co-60 auprès de l'électricien ontarien, qui a aménagé ses réacteurs de Pickering et Bruce pour qu'ils puissent accueillir et irradier des barres de cobalt. La relation entre les deux entreprises dans le secteur des radio-isotopes s'établit à travers plusieurs contrats totalisant une valeur de 25 à 30 M $ par année. Le transfert de ces contrats à un nouveau propriétaire privé n'étant possible qu'avec l'accord d'OH, cette dernière avait demandé, avec le soutien du gouvernement de l'Ontario, à ce que le nouvel acheteur applique les conditions du

---

[111] *Ibid.*

[112] *Ibid.*, pp. 39-41.

[113] *Ibid.*, p. 2 et p. 17.

[114] *Ibid.*, p. 73.

contrat la liant ÉACL, en des termes équivalents ou supérieurs, mais aussi à ce que l'investissement et l'emploi dans la SR demeurent concentrés en Ontario et que l'acheteur ne soit pas une entreprise contrôlée par des intérêts non canadiens[115].

Ce qui motive également OH à s'impliquer dans le processus de privatisation de la SR est, selon les dire du président de son C.A., Tom Campbell: « a strong interest in any step which may result in a deterioration of AECL's financial position »[116], au moment même où ÉACL demande le soutien financier d'OH pour renflouer son budget de R&D. Campbell rappelle ainsi que: « the sale of the radiochemical company will deprive AECL of a profit of approximately 15 million annually at a time when we are being asked to help make up a shortfail in revenue of 40 million »[117]. OH est d'autant plus préoccupée de l'avenir de la SR qu'elle a déjà versé 32 M$ à la Société de la recherche pour l'année 1987-88 et s'apprête à en verser 36 M$ en 1988-89. Elle craint logiquement qu'après la privatisation de la SR, seule division actuellement rentable d'ÉACL, on ne lui demande d'assumer une part encore plus importante du financement de la R&D nucléaire canadienne[118]. L'importance cruciale que revêt désormais la SR pour la viabilité globale d'ÉACL est une nouvelle fois visible, en particulier pour le financement de sa R&D.

Mais le BPAR campe sur sa position et refuse de laisser penser à OH que la cessation des contrats du cobalt pourrait être ouverte à discussion ou à négociation[119].

---

[115] Voir: mémo adressé à B. McDougall, RG 19, PRI 3625-A0003-002, BAN 2005-00300-X, boîte 23, dossier 3 CA, 29 janvier 1988, pp. 1-2.

[116] Lettre de T. Campbell à B. McDougall, RG 19, PRI 3625-A0003-002, BAN 2005-00300-X, boîte 23, dossier 3 CA, 19 juin 1987, p. 1.

[117] Lettre de R. Wong à B. McDougall, RG 19, PRI 3625-A0003-002, BAN 2005-00300-X, boîte 23, dossier 3 CA, 3 décembre 1987.

[118] Lettre de J. Smith (sous-ministre BPAR) à W.D. McKeough (président CDIC), RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3300-A0003-002, boîte 15, dossier 1 CA, 25 mars 1988.

[119] « Privatization of the Radiochemical Company and the Medical Products Division », *op.cit*, p. 3.

Le mémoire du BPAR refuse également d'accorder à ÉACL une part minoritaire dans la SR privatisée et se justifie avec les mêmes arguments que ceux évoqués dans le mémoire déposé par le ministère de l'ÉMR en novembre 1986. Premièrement, si ÉACL conservait des parts dans la SR, la privatisation ne serait pas considérée comme complète, ce qui irait à l'encontre de la « philosophie » gouvernementale. Cela pourrait également laisser croire, contrairement à ce qu'affirme le gouvernement, que la SR remplit une fonction de politique publique. Une participation d'EACL dans la SR pourrait également pousser l'actionnaire majoritaire privé à demander au gouvernement de financer ses opérations commerciales ou d'éponger d'éventuels déficits. Et si la seconde tranche de la SR venait à être vendue à l'acheteur qui a acquis la première, ce dernier se retrouverait en position avantageuse durant les négociations et parviendrait probablement à obtenir un rabais substantiel, risque que n'aurait pas à prendre le gouvernement si toutes les parts étaient cédées d'un seul coup[120].

Finalement, le mémoire du BPAR recommande que l'intégralité des revenus de la privatisation revienne au gouvernement, même s'il admet que cela aggraverait les difficultés financières d'ÉACL et pourrait résulter en une future requête de financement pour soutenir le reste des opérations de l'entreprise[121]. Cette position reçoit l'appui du ministère des Finances et du Conseil du trésor, qui considèrent le versement d'une partie des revenus à ÉACL comme allant à l'encontre de la politique gouvernementale et des règles de son Système de gestion des dépenses[122]. Surtout, les deux institutions insistent pour que la question du financement de la Société de la recherche et des Opérations CANDU soit considérée comme étant distincte de celle de la privatisation de la SR. Cette recommandation semble pourtant contredire une analyse faite par le

---

[120] *Ibid.*, pp. 45-47.

[121] *Ibid.*, p. 31.

[122] Mémo à M. Wilson (ministre des Finances), « AECL: Privatization of the RCC and MPD », RG 19, vol. 6780, dossier 6, 25 septembre 1987, p. 3; mémo à Gérard Veilleux (secrétaire du Conseil du trésor), RG 19, ERP 4815-013-001, vol. 6780, dossier 6, 29 septembre 1987, p. 3.

Secrétariat du Conseil du trésor, dont un membre informe le BPAR que les liquidités générées par la SR: « could make a critical difference in AECL's ability to remain solvent [...] These funds could provide AECL with a comfortable margin to fund CANDU development and marketing costs until the demand for power reactors revives »[123]. En novembre 1987, suite à une réunion tenue avec le ministre de l'ÉMR, le C.A. d'ÉACL finit par se plier en partie au texte du mémoire du BPAR, admettant lui aussi que « la privatisation complète de la SR et la survie d'ÉACL [...] devraient être considérées comme deux questions distinctes »[124].

Le 4 mars 1988, le BPAR annonce publiquement l'intention du gouvernement de privatiser la SR et la DPM. Dans la foulée, il embauche la firme Wood Gundy Inc., une filiale de la banque CIBC, afin d'assister le gouvernement: « in finalizing terms and conditions of the proposed sale of the two divisions, and in assessing the merits of various purchase proposals »[125]. Cette même période voit l'entrée en scène de la Canada Development and Investment Corporation (CDIC) dans le processus de privatisation des deux divisions d'ÉACL. La CDIC est une compagnie de la Couronne qui a été créée en 1982 pour gérer le portefeuille d'actions détenues par le gouvernement dans des entreprises canadiennes œuvrant dans des secteurs industriels et technologiques stratégiques. Elle devient également propriétaire de certaines compagnies publiques, telles que de Havilland Aircraft, Canadair ou Teleglobe Canada[126]. Après l'arrivée au pouvoir des Conservateurs en septembre 1984, ces

---

[123] Mémo de Stan McRoberts à Marie-Paule Scott, « Comments on RCC/MPD Privatization », RG 19, vol. 6780, dossier 6V, 11 septembre 1987, Annexe A, p. 1.

[124] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 27 novembre 1987, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 11, dossier 1CA.

[125] Communiqué de presse de Barbara McDougall (ministre du BPAR), RG 19, ERP 4815-013-001, vol. 6780, dossier 6, 4 mars 1988.

[126] Voir Jeanne Kirk Laux et Maureen Appel Molot, *State Capitalism. Public Enterprise in Canada*, Ithaca, Cornell University Press, 1988, pp. 94-98 et 133-135.

dernières forment la première cohorte d'entreprises à être proposées à la vente au secteur privé.

Le gouvernement se tourne alors directement vers la CDIC pour agir en tant qu'agent de privatisation. Grâce à son statut de compagnie de la Couronne, la CDIC possède en effet: « a discretionary use of 'off budget' funds to engage lawyers and investment firms to undertake a quick privatization without prior parliamentary approval »[127]. De Havilland est cédée à Boeing en janvier 1986, Canadair à Bombardier en décembre 1986, et Teleglobe à Memotec Data Incorporated en mars 1987. Après cette première vague, le mandat de privatisation de la CDIC est même étendu à des compagnies de la Couronne ne se trouvant pas sous sa responsabilité directe, dont la SR[128]. Le gouvernement, en plus de bénéficier de l'expérience récente de la CDIC, entend envoyer un message clair aux potentiels acheteurs, clients et fournisseurs de la SR quant au sérieux du gouvernement dans son intention de vendre. Le passage de la SR sous le giron de la CDIC constitue également un moyen d'empêcher ÉACL d'interférer ou d'intervenir dans les prises de décisions stratégiques de sa division.

Lorsqu'elle reprend en main le processus de privatisation, la CDIC doit d'abord gérer une demande de rachat de la SR émanant du syndicat des employés de l'entreprise. En effet, le mémoire déposé par le BPAR, en septembre 1987, mentionnait que les employés de la DPM se verraient offrir en priorité l'opportunité de racheter leur entreprise. Considérant qu'il serait difficile de trouver un acquéreur privé à la DPM, étant donné ses déficits chroniques, le BPAR estimait qu'un rachat des employés ne constituerait finalement pas une mauvaise affaire. En avril 1988, le syndicat de la SR

---

[127] Jeanne Kirk Laux, « How Private is Privatization », *Canadian Public Policy*, vol. 19, no. 4, 1993, p. 402.

[128] Lettre de D. Mazankowski à B. Mulroney, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, boîte 23, dossier 4CA, 25 mars 1987. Voir la réponse favorable du Premier ministre dans la lettre de B. Mulroney à B. McDougall, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, boîte 23, dossier 4 CA, 20 mai 1987.

soumet donc une demande au BPAR, réclamant: « the same opportunity and financial assistance as was given to the MPD to investigate the possibility of an employee purchase of the RCC »[129]. Bien qu'elle ne considère pas cette proposition d'un bon œil, la CDIC réalise qu'il lui sera compliqué de justifier un refus au syndicat, alors que la même opportunité avait été spontanément proposée par le BPAR aux employés de la DPM.

Mais aux yeux de la CDIC, donner une priorité d'offre de rachat aux employés ne ferait que retarder le processus de privatisation qui aurait bien plus de chances d'aboutir si l'on se tournait directement vers des repreneurs privés. Ainsi, le président du C.A. de la CDIC, Darcy McKeough, se dit: « concerned that if we delay the bidding process until after employees have completed their feasibility study we risk damaging the Company and the sale process »[130]. Il prétend également que les gestionnaires de la SR doutent de la viabilité d'un rachat de l'entreprise par les employés et y sont même, pour certains, hostiles: « ten management employees have left RCC since September 1987 and management is concerned that there may be more to follow [...] I am concerned that the concept of an employee purchase will not have full support of senior management »[131]. Finalement, il estime qu'il sera difficile pour le syndicat des 400 employés de la SR de réunir les 125 M$ nécessaires au rachat de l'entreprise. Pour toutes ces raisons, Mckeough demande au vice-premier ministre Don Mazankowski: « not to delay the bidding process but to proceed with privatization as quickly as possible »[132].

---

[129] Mémo de K. Stein à B. McDougall, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, boîte 23, dossier 3 CA, 19 mai 1988, p. 1.

[130] Lettre de W.D. McKeough à D. Mazankowski, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, boîte 23, dossier 3 CA, 4 mai 1988, pp. 1-2.

[131] *Ibid.*

[132] *Ibid.*, p. 3.

La CDIC souhaite d'autant plus accélérer les démarches qu'elle soupçonne ÉACL de détourner le flux des revenus de la SR vers ses deux autres divisions, en particulier la Société de la recherche, qui se trouvent en manque de liquidités. Un rapport produit par Wood Gundy affirme que, durant l'année 1988, la SR a généré près de 29 M$ qui ont été intégralement reversés à ÉACL. En 1987, ce montant équivalait à 23 M$, dont seulement 2.5 M$ avaient été récupérés par l'entreprise mère[133]. Selon le conseiller financier de la CDIC, en procédant de la sorte, ÉACL imposerait des restrictions sur les dépenses de la SR qui pourraient avoir un sérieux impact sur ses opérations commerciales et sur sa valeur marchande. En réaction, la CDIC propose d'incorporer la SR le plus rapidement possible[134]:

> To prevent further deterioration in the market value of RCC, the financial advisors recommended that it be separated from AECL immediately. Specifically, they proposed the assets, the technologies and employees of RCC be incorporated into a separate company with an independent board of directors, which could include minority representation from AECL.

Les accusations de détournement des ressources de la SR font suite à deux mesures prises par ÉACL, au mois d'avril 1988, pour réduire l'impact du déficit qu'elle aurait à subir après la privatisation de la SR. Dès juin 1986, en anticipation du dépôt des mémoires de l'ÉMR, ÉACL avait fait établir une entente commerciale entre la Société de la recherche et la SR. Valable pour une durée de 20 ans et renégociable aux 5 ans, l'entente garantissait à la Société de la recherche 26% des revenus nets de la SR. En contrepartie, elle accordait à cette dernière une option prioritaire d'achat sur le réacteur MAPLE-X, en projet depuis janvier 1985, pour un montant fixé à 8 M$. Suite au dépôt du mémoire du BPAR en septembre 1987, ÉACL avait entamé une renégociation de l'entente, qui aboutit, en avril 1988, à l'augmentation de sa part des

---

[133] Document Wood Gundy, « Privatisation de Nordion International Inc. », RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, novembre 1990, p. 11.

[134] Lettre de W.D. McKeough à D. Mazankowski, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, boîte 23, dossier 3 CA, 11 mai 1988, pp. 1-2.

revenus à 33%. En échange d'un droit d'exclusivité sur sa production, la SR accepte également de financer la totalité des coûts de construction du MAPLE-X qui, en l'espace de deux ans, ont bondi de 8 à 20 M$. Pour James Donnelly, la nouvelle relation commerciale qui va s'établir entre les deux compagnies doit mieux refléter les coûts assumés par ÉACL dans la production des radio-isotopes, en particulier dans le contexte des coupures subies par la Société de la recherche[135]:

> In prior years AECL produced radioisotopes in the Chalk River reactors on an incremental cost basis and sold them through RCC. With the prospect of privatization, a more formal relationship was established between the two divisions which endeavored to recognize a more realistic cost regime [...] The severe cutbacks in AECL research funding and the inability to replace these funds from alternative sources including the proceeds from the RCC sale have curtailed the new reactor [MAPLE-X] program.

Même s'il estime que l'augmentation des revenus d'ÉACL pourrait réduire le prix de vente de la SR de 5 à 10 M$, le BPAR se résout, devant le fait accompli, à présenter cette entente aux acheteurs comme l'assurance d'un approvisionnement en radio-isotopes fiable et à long terme[136]. Cependant, l'initiative d'ÉACL finit par convaincre le BPAR de la nécessité d'incorporer la SR, tels que le recommandent Wood Gundy et la CDIC. Initialement, le BPAR hésite entre deux options: incorporer la SR en tant que filiale d'ÉACL et la doter d'un C.A. composé à majorité de membres de la CDIC ou l'incorporer directement en tant que filiale de la CDIC. La première option permettrait à ÉACL d'enregistrer un gain en capital dans ses états financiers, après la vente de la SR. Mais comme il a été décidé qu'ÉACL ne toucherait aucun revenu de la vente, le BPAR et la CDIC pensent qu'elle n'aura par conséquent aucun intérêt à valoriser les opérations de la SR en vue d'une privatisation. Au contraire, ÉACL aurait plutôt intérêt à faire traîner les choses en longueur, afin de soutirer le

---

[135] Lettre de J. Donnelly à D. Cuthbertson, RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 11 septembre 1987.

[136] Note de service de K. Stein à J. Smith, RG 19, BAN 2002-011915, PRI 3430-A0003-002-005, boîte 24, dossier 1 CA, 22 avril 1988.

maximum de ressources de sa filiale, tant que celle-ci se trouve sous son giron[137]. C'est donc l'option de l'incorporation sous l'égide de la CDIC qui est privilégiée, en mai 1988[138]. S'y étant opposé une première fois en juin[139], ÉACL finit un mois plus tard, une nouvelle fois sous la pression du ministère de l'ÉMR, par se plier à la décision du BPAR[140].

L'incorporation de la SR, renommée Nordion International Inc., et de la DPM, renommée Theratronics International Inc., prend effet le 30 septembre 1988. Leur transfert vers la CDIC s'accompagne de la signature de quatre ententes légales entre ÉACL et Nordion: une entente sur le transfert des actifs (*Asset Purchase Agreement*); une entente sur le transfert des technologies relatives à la production des isotopes (*Technology Transfer Agreement*); une entente sur l'approvisionnement et le partage des revenus (*Isotope Supply and Revenue Sharing Agreement*) en des termes similaires à ceux négociés entre ÉACL et la SR en avril 1988; et un accord de clause restrictive qui protège l'accès exclusif de Nordion aux isotopes produits par ÉACL (*Restrictive Covenant Agreement*). Ces ententes, élaborées sous la supervision de la CDIC durant le printemps et l'été 1988, feront plus tard l'objet des critiques d'ÉACL. Celle-ci reprochera notamment à la CDIC d'avoir fait de ces ententes des instruments pour augmenter la valeur à la vente de Nordion, au détriment des intérêts que pouvait avoir ÉACL à poursuivre son activité dans l'industrie des radio-isotopes: « negotiations leading to this agreement were driven by a perceived necessity to make Nordion an

---

[137] Mémo de K. Stein à J. Smith, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 23, dossier 5 CA, 8 juillet 1988, p. 1.

[138] Mémo de K. Stein à B. McDougall, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-002, BAN 2005-00300-X, boîte 23, dossier 3 CA, 19 mai 1988, p. 3.

[139] Mémo de J. Smith à B. McDougall, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3625-A0003-003, boîte 23, dossier 5 CA, 6 juin 1988, p. 2.

[140] Voir: mémo de L. Konomis à J. Smith, RG 19, BAN 2005-00300-X, PRI 3300-A0003-003, boîte 15, dossier 1V, 2 août 1988, p. 1.

attractive vehicle for privatization »[141]. ÉACL visera en particulier l'entente sur l'approvisionnement et le partage des revenus qu'elle qualifiera de: « vehicle for the valuation of the privatized entity »[142].

On peut en effet considérer que les ententes négociées par la CDIC ont pour but de garantir à Nordion le meilleur positionnement possible sur le marché des radio-isotopes, même si cela doit se faire au détriment de la rentabilité d'ÉACL. Par exemple, il est décidé que la technologie sera intégralement transférée à l'acheteur privé, plutôt que cédée sous licence par ÉACL à Nordion[143]. Alors que la seconde option aurait pour avantage d'augmenter la part des revenus d'ÉACL, le BPAR et la CDIC objectent que cela irait à l'encontre d'une privatisation complète de la SR[144], l'argument idéologique venant soutenir ici la volonté de rendre l'entente commerciale la plus favorable possible à Nordion. Dans le même registre, ÉACL doit s'engager à transférer à Nordion: « all of the right, title and interest of AECL in and to RCC technology », et prendre toutes les mesures pour s'assurer que: « RCC technology is physically transferred to Nordion in a form which will allow Nordion to make full use thereof without further research or experimentation »[145]. De plus, ÉACL doit accorder à Nordion une licence exclusive et libre de redevances sur les technologies qu'elle a développées pour produire du Co-60 dans ses réacteurs CANDU[146]. Enfin, étant donné qu'ÉACL demeure toujours

---

[141] J.B. Slater (General Manager, Major Facilities Business Centre, AECL – Research), « The AECL Radioisotope Production and Service Operation », RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, janvier 1991, p. 1.

[142] *Ibid.*, pp. 3-4.

[143] Mémo de K. Stein à J. Smith, RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3430-A0003-002-005, boîte 24, dossier 1 CA, 22 avril 1988.

[144] Mémo de K. Stein à J.R. Smith, RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3430-A0003-002-005, boîte 24, dossier 1 CA, 13 avril 1988, p. 2.

[145] « Technology Transfer Agreement », RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 30 septembre 1988, p. 4.

[146] *Ibid.*, p. 5.

responsable de la production des radio-isotopes dans ses réacteurs de recherche, Nordion doit lui accorder une licence libre de redevance sur la technologie liée à la production du Mo-99. Cette démarche rétroactive devient nécessaire, à partir du moment où le procédé de production de Mo-99 fait partie de la liste des technologies qui lui sont cédées par ÉACL. Il est à noter que cette licence est non exclusive, ce qui signifie que Nordion se réserve le droit de nouer une entente sur la production de Mo-99 avec tout autre fournisseur capable d'appliquer la technologie d'ÉACL. Cette dernière doit finalement renoncer à appliquer sa technologie de production de Mo-99 pour des buts commerciaux autres que l'approvisionnement de Nordion[147].

L'exclusivité de la production des radio-isotopes d'ÉACL en faveur de Nordion est intégrée dans un accord de clause restrictive séparé. Pour une durée de 23 ans, ÉACL s'engage à ne participer, directement ou indirectement, à aucune activité susceptible de créer une compétition aux opérations commerciales de Nordion. En imposant cet engagement à ÉACL, le gouvernement entre en contradiction avec sa propre exigence que la R&D nucléaire se finance désormais par ses propres moyens. La conclusion de la clause restrictive montre bien qu'elle a été élaborée pour deux raisons : protéger la position de Nordion sur le marché mondial des radio-isotopes et augmenter sa valeur marchande en vue de sa privatisation: « AECL hereby acknowledges and agrees that all restrictions contained in this agreement are necessary to protect Nordion's legitimate interests and to facilitate privatization as aforesaid »[148]. Les quatre ententes légales constituant les termes du transfert de la propriété de la SR vers CDIC sont signées le 30 septembre 1988, date à laquelle ÉACL perd officiellement tout contrôle sur son ancienne filiale.

---

[147] *Ibid.*

[148] *Ibid.*, p. 4.

2.5 De Nordion International Inc. à MDS Nordion (septembre 1988 – novembre 1991)

Lorsqu'elle est cédée par ÉACL à la CDIC, Nordion est une entreprise en pleine expansion. Entre 1980 et 1989, les revenus de sa division d'irradiation industrielle ont connu une croissance moyenne de 19% par année, passant de 14 à 68 M$. Elle est alors responsable de près de 90% de la production mondiale de Co-60 et de plus de 50% de l'équipement technologique associé à l'application de ce radio-isotope dans la médecine ou dans l'industrie agroalimentaire. Durant la même période, les revenus de la division des radio-isotopes ont augmenté de 16% par année, passant de 12 à 45 M$[149]. Cette division continue d'assumer le conditionnement et la distribution des radio-isotopes issus des réacteurs de Chalk River, représentant 65% de la production mondiale. Il est à noter que près de 90% des revenus de la SR sont générés à l'étranger, dont 55% aux États-Unis. L'importance économique que revêtait la SR pour les finances d'ÉACL se manifeste dès la publication par cette dernière de ses états financiers, le 31 mars 1990. En effet, pour la pour la première fois en dix ans, ÉACL enregistre un déficit net de 10.2 M$, alors que pour sa première année de fonctionnement autonome, Nordion génère des revenus nets de 23.9 M$[150].

Après avoir nommé un nouveau C.A. à la tête de Nordion, la CDIC poursuit conjointement avec le BPAR l'opération de valorisation marchande de l'entreprise. Cela se traduit en premier lieu par l'acquisition, en février 1990, d'une participation majoritaire dans CyberFluor Inc. Cette entreprise basée à Toronto se spécialise dans la production d'équipements et d'éléments réactifs destinés aux diagnostics médicaux, à l'aide d'une technologie qui s'appuie sur la fluorescence plutôt que sur la radioactivité. L'investissement de 5 M$ permet à Nordion de se positionner sur un créneau

---

[149] *Ibid.*, p. 6.

[150] Voir le rapport annuel d'ÉACL pour l'année 1989-90, p. 18 et le document de Wood Gundy, « Privatisation de Nordion International Inc. », RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, novembre 1990, p. 9.

complémentaire et de poursuivre la diversification de ses activités[151]. Mais l'investissement le plus important dans lequel veut se lancer Nordion consiste en l'acquisition d'une partie des actifs de l'Institut national des Radioéléments (IRE). Situé en Belgique, cet institut public se spécialise, comme Nordion, dans le développement et la commercialisation des radio-isotopes et de leurs technologies dérivées. Récemment mis en vente par le gouvernement de Wallonie, l'IRE obtient sa matière première du réacteur de recherche BR-2, propriété du Centre d'études nucléaires, équivalent belge des laboratoires de Chalk River[152].

Pour Nordion, l'acquisition des actifs de l'IRE a une portée stratégique double. Premièrement, ses deux principaux concurrents sur le marché mondial des fournisseurs de radio-isotopes, Mallinckrodt aux États-Unis et Osiris en France, sont également sur les rangs, le premier étant considéré comme le candidat le plus sérieux. Or, il se trouve que Mallinkrodt est également un client important de Nordion, en particulier de sa production de Mo-99, et qu'elle contribue à hauteur de 6 M$ à ses revenus annuels. L'acquisition des actifs de l'IRE permettrait à Mallinkrodt de s'affranchir de sa dépendance à Nordion. Elle pourrait transformer elle-même son Mo-99, qu'elle achèterait préalablement auprès des opérateurs du réacteur BR-2 à un prix lui permettant d'économiser près de 3 M$ par année. Selon Wood Gundy, si elle venait à se réaliser, cette opération constituerait une menace pour la rentabilité future de Nordion. Après avoir comptabilisé l'ensemble des pertes encourues si l'IRE tombait sous la coupe de Mallinckrodt, Nordion se dit prête à proposer un prix d'achat allant

---

[151] Mémo de L. Konomis à J. McDermid, RG 19, BAN 2007-00307-4, 3500-N0002-001, boîte 12, dossier 2CA, 14 février 1990.

[152] Pour un historique des activités de l'IRE, voir: Marcel Maris, André Jaumotte et Pierre Govaerts, *Histoire du nucléaire en Belgique, 1990-2005*, Bruxelles et New York, Peter Lang, 2007, pp. 137-156.

jusqu'à 30.3 M$[153]. Son positionnement sur l'appel d'offre du gouvernement de Wallonie a donc une valeur défensive.

Mais l'acquisition de l'IRE aurait un autre avantage, puisqu'elle permettrait à Nordion d'accroitre considérablement sa présence sur le marché européen[154]. Elle obtiendrait également un accès à un site nucléaire dont la licence est déjà approuvée par les autorités de réglementation nucléaire européennes. Avec la capacité d'acheter et de produire du Mo-99 directement en Europe, Nordion économiserait un temps de transport précieux dans la chaîne de production du Mo-99 et du Tc-99m, radio-isotopes aux demi-vies de 2.7 jours et de 6 heures respectivement. Une présence en Europe paraît d'autant plus souhaitable qu'un autre des concurrents directs de Nordion, la société britannique Amersham, a annoncé en octobre 1989 l'acquisition aux États-Unis de la compagnie Medi-Physics, afin de renforcer sa présence sur le marché nord-américain. Finalement, comme le souligne Wood Gundy, l'achat des actifs de l'IRE, en plus de renforcer la position de Nordion sur un marché des produits radio-pharmaceutiques en voie de globalisation, augmenterait sa valeur à la privatisation: « The acquisition of IRE is an important part of Nordion's development plans for the future and would enhance the privatization of Nordion »[155]. L'accord proposé au gouvernement de Wallonie comprend finalement une offre de 25M $ pour les actifs et les opérations mis en vente par l'IRE, en plus d'un engagement à investir sur plusieurs années jusqu'à 33 M$ en programmes de R&D et dans le développement de nouvelles installations sur le site belge[156].

---

[153] Mémo de D. L. Nichols (Wood Gundy) aux membres du C.A. de Nordion, RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3425-N0002-001, boîte 10, dossier 1CA, 12 janvier 1990.

[154] *Ibid.*, p. 3.

[155] Lettre de D. Clifford (vice-président Wood Gundy) à W.C. Pitfield (vice-président CDIC), RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3425-N0002-001, boîte 10, Part 1 CA, 2 octobre 1990.

[156] Mémo de L. Konomis à J. McDermid, RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3500-N0002-001, boîte 12, dossier 2CA, 14 février 1990, p. 1.

L'entente d'achat conclue avec le gouvernement de Wallonie en novembre 1990, la CDIC peut publiquement lancer l'appel d'offre pour la privatisation de Nordion International Inc. C'est le moment que choisit ÉACL pour demander la renégociation des termes de l'entente sur l'approvisionnement et le partage des revenus, signée lors du transfert de la SR à la CDIC. Le 15 novembre 1990, ÉACL avertit le BPAR d'une nouvelle escalade des coûts de construction du MAPLE-X. Rappelons que l'entente finalisée septembre 1988 prévoyait une contribution de 20 M$ de la part de Nordion à la construction de ce réacteur. ÉACL avait également accepté de disposer sans frais des déchets radioactifs issus de la production des radio-isotopes dans le réacteur NRU. Le coût de mise en place des espaces de stockages des déchets étant estimé à 15 ou 20 M$, il était prévu qu'ÉACL aille chercher cette somme dans sa part des revenus générés par l'entente. Mais le 15 novembre, ÉACL avertit le BPAR que les coûts de construction du MAPLE-X sont passés de 20 à 33.6 M$ et que ceux des installations de traitement ont désormais quintuplé, passant à un montant oscillant entre 80 et 110 M$[157].

Du point de vue d'ÉACL, l'entente établie en septembre 1988 contient deux termes qui remettent directement en cause la viabilité de son activité de producteur de radio-isotopes. Premièrement, elle conteste que sa part des revenus soit déterminée par un pourcentage fixe sur les ventes totales, sans tenir compte de l'augmentation des coûts de production qu'elle est la seule à assumer ni de l'efficacité opérationnelle de Nordion. Deuxièmement, un contrat d'une durée 23 ans, qui ne comporte aucune provision de réouverture ou d'ajustement à l'augmentation des coûts d'opération, n'est pas jugé acceptable dans un marché: « that is in a rapidly escalating environmental and regulatory regime »[158]. Selon le président d'ÉACL, Stanley Hatcher, personne n'est en

---

[157] Mémo de D. McLean à J. McDermid, RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3425-N0002-001, boîte 10, dossier 1CA, 15 novembre 1990.

[158] *Ibid.*, p. 2.

mesure de prédire quels coûts, issus de la régulation de l'industrie nucléaire ou de la production des radio-isotopes, viendront s'ajouter dans le futur.

ÉACL plaide pour l'amendement du contrat la liant à Nordion afin d'y inclure deux clauses: une formule dans le calcul du prix des radio-isotopes tenant compte de l'augmentation des coûts de production et une provision de réouverture du contrat permettant de s'ajuster à des évènements futurs imprévisibles. ÉACL juge aussi que le coût des nouvelles installations de stockage des déchets radioactifs ne peut être financé avec sa part des revenus. Par contre, les revenus totaux de l'entente suffiraient à les financer, à condition que Nordion hausse le prix de vente des radio-isotopes. Si elle était appliquée, cette hausse permettrait d'augmenter du tiers la part des revenus d'ÉACL. L'entente amendée en ces termes constituerait une base de travail acceptable qui permettrait à la société d'État de se maintenir dans l'industrie des radio-isotopes, même s'il lui faudrait réinvestir l'intégralité de ses revenus pour mener à terme les investissements nécessaires à la poursuite de sa production[159].

La soudaine volte-face d'AÉCL peut paraître surprenante, mais un rapport rédigé en janvier 1991 par J.B. Slater, l'un des principaux gestionnaires de la Société de la recherche, éclaire la manière dont la compagnie a perçu durant quatre ans l'évolution du processus de privatisation[160]. Pour ÉACL, le but de l'entente élaborée en avril 1986 entre la Société de la recherche et la SR est d'arriver à réaliser un équilibre entre deux dimensions du commerce des radio-isotopes: d'un côté, les coûts de la production brute des radio-isotopes et, de l'autre, les coûts de leur traitement, de leur conditionnement et de leur commercialisation. Lorsque la responsabilité de la privatisation est transférée à la CDIC et Wood Gundy, en avril 1988, l'entente devient,

---

[159] Lettre de D. Cuthbertson à N.H. Anthony (sous-ministre au BPAR), RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 15 janvier 1991, p.1.

[160] J.B. Slater (General Manager, Major Facilities Business Centre, AECL – Research), « The AECL Radioisotope Production and Service Operation », RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, janvier 1991.

selon les termes de J.B. Slater, un outil pour améliorer la valeur marchande de la SR. Ainsi, une disposition permettant à ÉACL de renégocier les termes de l'entente aux cinq ans est éliminée, même si ses dirigeants auraient exprimé des préoccupations quant aux incertitudes liées à l'augmentation des futurs coûts de production. De plus, l'entente élaborée par la CDIC ne contient aucune provision « pour renégocier les termes importants du contrat pendant sa durée de vie »[161], à l'exception d'une clause protégeant ÉACL contre une augmentation du prix de l'uranium hautement enrichi, qui sert de matière première à la production du Mo-99.

Cette situation ne résulte pas d'une négligence, mais bien d'une volonté de la CDIC et du BPAR de façonner une entente qui maximise la valeur à la vente de la SR: « little attention was given to any issue which would put in jeopardy a firm 23 year supply arrangement which was judged absolutely essential if the business were to be privatized »[162]. Il en est de même pour l'accord de clause restrictive (*Restrictive Covenant Agreement*) qui interdit à ÉACL de vendre ses radio-isotopes à une autre compagnie que Nordion, jusqu'à l'expiration de l'entente au 31 mars 2011: « AECL, for the agreed period, anywhere in the world, will not directly or indirectly engage or participate or assist in any business [...] that will compete with, or is the same or substantially the same as the Business of Nordion »[163]. Finalement, la part des revenus qu'ÉACL reçoit est calculée sur la base des bénéfices nets des ventes réalisées par Nordion. Cette dernière ne tient cependant pas nécessairement compte, dans son système de fixation des prix, de l'augmentation des coûts de production assumée par ÉACL. Cela permet à Nordion de maintenir des prix bas, même lorsque les coûts de production augmentent. A contrario, ÉACL est incapable d'influencer le prix du

---

[161] *Ibid.*, p. 5.

[162] *Ibid.*, p. 4.

[163] « Restrictive Covenant Agreement », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 2, dossier 1PA, 30 septembre 1988, pp. 2-3.

produit final pour compenser l'augmentation de ses dépenses, ce qui fait dire à Slater qu'il n'existe pas de relation directe entre les coûts assumés par son entreprise et les revenus qu'elle reçoit[164].

ÉACL affirme qu'elle a été persuadée d'accepter les termes du partage des revenus sur la base des profits nets, et non sur celle des coûts de production, car elle pensait recevoir en contrepartie l'autorisation de garder l'intégralité des revenus de la privatisation de la SR[165]. J.B. Slater et David Cuthbertson rappellent ainsi aux membres du C.A. d'ÉACL qu'après la signature de l'entente en 1988: « It was recognized that AECL would have to live with a business that was only marginally viable by normal commercial standards and was subject to significant risk on the capital investment side. This was accepted largely in the interest of a successful privatization of Nordion »[166]. Désormais, la situation parait d'autant plus inéquitable à ÉACL que la CDIC s'apprête à apporter un amendement supplémentaire à l'entente qui joue une nouvelle fois en sa défaveur.

Cet amendement exclurait du partage des revenus nets les ventes des radio-isotopes qui n'auraient pas été produits dans ses réacteurs. Dans l'entente de 1988, les revenus nets sont définis comme étant: « the invoice price payable by a third party to Nordion »[167]. Le nom du producteur ou le lieu de production n'étant pas mentionnés dans la définition, si Nordion décidait de se tourner vers d'autres fournisseurs, elle

---

[164] J.B. Slater, *op. cit.*, p. 4.

[165] Voir le document « AECL/Nordion Revenue Sharing and Isotope Supply Contract Background », en annexe du mémo de F.W. Gorbet à M. Wilson (ministre des Finances), « Privatization of Nordion International Inc. », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V.

[166] J.B. Slater et D. Cuthbertson, « The AECL Radioisotope Pooduction Operation over the Next Decade », présentation au C.A. d'ÉACL, 30 novembre 1990, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 4.

[167] « Isotope Supply and Revenue Sharing Agreement », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 2, dossier 1PA, 30 septembre 1988, p. 3.

aurait tout de même l'obligation de partager les profits de ces ventes avec ÉACL. Par conséquent, la formulation proposée contraint implicitement Nordion à ne se fournir qu'auprès d'ÉACL ou, du moins, la décourager de se tourner vers d'autres fournisseurs, protégeant du coup le statut de fournisseur exclusif de la société d'État. Cependant, l'amendement introduit en avril 1991 annule cet effet dissuasif, puisqu'il redéfinit les revenus partageables entre les deux compagnies comme ceux qui proviennent uniquement de la vente des radio-isotopes produits par ÉACL[168]. La CDIC permet ainsi à Nordion, qui vient d'acquérir les actifs de l'IRE, de s'approvisionner directement chez des producteurs de radio-isotopes européens, notamment le réacteur BR-2 en Belgique, sans pour cela avoir à dédommager ÉACL.

Aux contraintes induites par les ententes contractuelles s'ajoutent des changements significatifs survenus sur le marché des radio-isotopes. Depuis le début de l'année 1990, le volume de production d'ÉACL a sensiblement augmenté, alors que deux réacteurs d'entreprises concurrentes, DIDO en Angleterre et Cintichem aux États-Unis, ont dû subitement être fermés pour des raisons de sécurité. Cela a conduit à une augmentation mécanique de la demande pour certains radio-isotopes d'importance majeure, tels que le Mo-99, l'iode-125 ou l'iode-131: « The production demands on AECL are now approximately 40% higher than envisioned in 1988 and are likely to remain so for the foreseeable future »[169]. L'arrêt de la production de ces deux réacteurs propulse Nordion dans une situation de domination commerciale, avec des parts de marché sur certains radio-isotopes allant jusqu'à 80, voire même 100%.

La question de la construction de nouvelles installations de gestion des déchets radioactifs résultant de l'augmentation de la production des radio-isotopes devient alors

---

[168] Voir le document envoyé par B. Hancox (Vice-Président ÉACL aux affaires stratégiques) à R. Sabourin (sous-ministre Finances), RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 3 novembre 1993.

[169] J.B. Slater, *op. cit.*, p. 19.

urgente. Le problème pour ÉACL est que, selon la pratique en vigueur depuis les débuts de la production des radio-isotopes, à la fin des années 1940, les coûts de gestion des déchets radioactifs générés dans les réacteurs NRU ou NRX ne sont pas facturés par ÉACL à la SR: « because the handling of the wastes was included in all other wastes generated by or dealt with at CRL [les laboratoires de Chalk River] »[170]. Tel que décrit au chapitre I, cette manière de procéder remonte aux débuts du programme nucléaire canadien, où les radio-isotopes étaient considérés comme des sous-produits de la R&D nucléaire civile. Les coûts de gestion des déchets radioactifs issus de cette activité étaient alors considérés comme virtuellement nuls. L'entente de septembre 1988 a été négociée selon cette logique, au moment même où l'on assistait à un renversement de la relation de dépendance économique entre la R&D nucléaire et la production des radio-isotopes. En effet, alors qu'entre 1945 et 1985, la seconde bénéficiait des subventions indirectes de la première pour faire croître son activité commerciale, à partir de 1985, c'est sur les revenus de la vente des radio-isotopes qu'ÉACL compte pour soutenir sa R&D. Seulement, les termes dans lesquels a été négociée l'entente l'empêchent de réaliser cet objectif. En somme, comme le résume J.B. Slater[171]:

> Significant and unanticipated changes in the business environment have occurred over the past three years. Nordion's world-dominant market position has increased the production demands on AECL with resultant increased revenues and net income. However, this increased demand has tightened the schedule for AECL's capital investment program and the estimated capital costs have increased by a factor of four.

Le BPAR ayant été dissous en février 1991 et ses prérogatives transférées au ministère des Finances, c'est à présent ce dernier qui, conjointement avec la CDIC, prend directement en charge le dossier Nordion[172]. Les informations et demandes de

---

[170] *Ibid.*

[171] *Ibid.*

[172] Voir: lettre de H. Anthony (sous-ministre aux Finances) à C. Scullion (Conseiller sénior au BPAR), RG 19, BAN 2005-00300-X-1, PRI 3000-001, Part 19 V, 27 février 1991.

financement transmises par ÉACL l'amènent, dès le mois de mars 1991, à réévaluer la rentabilité de l'entente. Le ministère des Finances estime qu'après l'intégration des augmentations de coûts annoncées par ÉACL, qui sont de 90 M$ supérieures à ce qui était envisagé en 1988[173], le taux de rentabilité interne (TRI) de l'entente commerciale passerait de 22 à 6%. Selon ses calculs, le TRI devrait être maintenu à un minimum de 11% pour que la branche de production de radio-isotopes d'ÉACL ne subisse pas de pertes dans ses opérations[174]. Si sa valeur n'est pas redressée, le ministère des Finances craint qu'ÉACL ne se déclare en incapacité de financer les besoins en capitaux de sa production de radio-isotopes, surtout lorsque viendrait le moment de discuter la sécurité de l'approvisionnement avec les potentiels acheteurs de Nordion. Cela aurait inévitablement pour conséquence de diminuer le prix de la vente de l'entreprise[175]. En plus des éventuelles pertes en revenus sur la privatisation, la situation d'ÉACL créerait pour le gouvernement une dépense à long terme, puisqu'il devrait se tenir garant à sa place de la continuité de la production. C'est ainsi que le ministère des Finances, l'ÉMR et la CDIC conviennent ensemble d'amender l'entente ÉACL/Nordion afin d'y inclure des provisions prenant en compte de possibles coûts additionnels imposés à ÉACL par des « future regulatory events »[176].

Deux options sont envisagées pour cette fin. La première consiste à verser à ÉACL les 90 M $ qu'elle réclame, à travers des budgets fédéraux de R&D ou en

---

[173] Les 90 M$ supplémentaires réclamés par ÉACL se répartissent ainsi: 50 Mm$ sont attribuables à la révision d'estimés sur les coûts de construction à Chalk River d'une usine de traitement de déchets radioactifs par vitrification; 8 m$ sont liés à des dépassements de coûts dans le projet du réacteur MAPLE-X et les 32 m$ restant doivent couvrir divers coûts en capital de l'unité de production des radio-isotopes.

[174] Mémo de F.W. Gorbet à M. Wislon (ministre des Finances), « Privatization of Nordion International Inc. », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 1er mars 1991.

[175] *Ibid.*

[176] Voir en annexe du mémo de F.W. Gorbet, le document « AECL/Nordion revenue Sharing and Isotope Supply Contract Background », 1er mars 1991.

utilisant les revenus générés par sa branche de réacteurs CANDU. Mais le ministère des Finance argue que les modalités du financement de la R&D d'ÉACL, partagé entre le gouvernement fédéral et les provinces, sont déjà fixés jusqu'en 1997 et il ne souhaite pas rouvrir ce dossier. Par ailleurs, ÉACL ne semble pas être en mesure de soutenir son unité de production de radio-isotopes à partir des revenus de sa branche d'ingénierie. Son plan d'entreprise pour l'année 1991-92 indique une chute de ses réserves de liquidités de 78 M$ en 1990-91 à 40 M$ à la fin de l'année 1992-93, ce montant constituant la balance minimale nécessaire au maintien de son activité dans la branche des réacteurs CANDU. Une seconde option consisterait à financer ÉACL par l'intermédiaire de sa relation commerciale avec Nordion, soit en augmentant sa part sur les revenus de la vente des radio-isotopes, soit en lui versant un montant de 17.5 M$ qui pourrait être déduit du montant de la privatisation de Nordion. Selon des calculs établis par un groupe interministériel, ÉACL aurait besoin, à partir de 1994-95, d'augmenter ses revenus annuels de 2.86 M$ par année pour atteindre le TRI minimum de 11%. Ce paiement s'il n'était pas étalé dans le temps équivaudrait à un versement de 17.5 M$, au 1er avril 1991.

L'option d'augmenter la part d'ÉACL sur les revenus de l'entente avec Nordion est rejetée. La CDIC et Wood Gundy s'y opposent particulièrement, estimant que: « any change in the AECL/Nordion revenue sharing formula at this time would likely introduce new uncertainties and time delays into the bidding process and thereby lower the offer price for Nordion »[177]. Pour cette raison, l'option d'un versement de 17.5 M$ à ÉACL immédiatement après la vente de Nordion, est jugée préférable. Cette solution évite de retarder le processus de privatisation et d'altérer le prix de la vente. Elle permet aussi d'atteindre un TRI donnant à ÉACL un accès aux liquidités nécessaires pour honorer les termes de son contrat avec Nordion. La compagnie de la Couronne se contentera donc des 17.5 M$, même si elle aurait préféré voir ajoutés des amendements

[177] *Ibid.*, p. 2.

permettant de renégocier certaines clauses de l'entente ou, à défaut, de recevoir plus d'argent de la part du gouvernement: « AECL would prefer to have additional reopeners included in an amended contract to deal with capital refurbishing costs, or a larger lump sum cash payment to provide for future refurbishing costs in the reference financial model »[178].

L'appel d'offre pour l'achat de Nordion ayant été initié le 1er novembre 1990, des offres fermes en provenance de trois entreprises, MDS Health Group Ltd., Biomira Inc. et Harvard International Resources Ltd./General Atomics, sont formulées en avril 1991. Le syndicat des employés a quant à lui été exclu de la course, le gouvernement ne lui ayant pas permis de soumettre une offre conjointe avec des partenaires détenant des fonds de capitaux propres[179]. La CDIC, Wood Gundy et le ministère des Finances optent rapidement pour la proposition de MDS Health dont les termes rencontrent toutes les conditions établies par le gouvernement et qui surtout, avec 165 M$ payables immédiatement à l'achat, offre la somme d'argent la plus élevée. Comme le précise le ministre des Finances John McDermid: « Non seulement la compagnie offre-t-elle un prix supérieur, mais aussi aucune condition inhabituelle ne s'y rattache relativement à des retenues ou un paiement différé »[180]. MDS Health propose de racheter 80.1% des parts de Nordion, deux actionnaires minoritaires se joignant à l'offre pour se partager le reste des parts: la compagnie de produits radio-pharmaceutiques britannique Amersham International et la Terry Fox Medical Research Foundation, basée en Colombie-Britannique.

---

[178] *Ibid.*

[179] Communiqué de presse du syndicat *Nordion Employees Association*, Archives du Bureau du Conseil Privé, A-2016-00044, document divulgué en vertu de la Loi sur l'accès à l'information.

[180] Mémoire au Cabinet déposé par J. McDermid, « Le choix de l'acheteur de Nordion International Inc. », RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3525-N0002, boîte 13, dossier 2V, p. 7.

Créée en 1969, MDS Health est une entreprise basée à Etobicoke dans la banlieue de Toronto. Elle se spécialise dans la gestion de laboratoires et de cliniques médicales et dans la distribution de produits pharmaceutiques et médicaux à travers le monde[181]. Le fait qu'elle soit basée au Canada et œuvre dans le domaine de la santé, dans des secteurs jugés complémentaires à celui des radio-isotopes, a joué en sa faveur. Sa situation géographique lui permet aussi de s'adjoindre le soutien du gouvernement de l'Ontario à qui elle a fourni des garanties en termes de maintien et de développement de l'emploi dans la province. Par ailleurs, Nordion se trouvant catégorisée comme entreprise de l'industrie nucléaire, il aurait probablement été délicat de justifier sa vente à une entreprise étrangère, d'autant plus que le gouvernement avait déjà eu à subir les foudres de l'opposition et une mauvaise publicité dans la presse lorsqu'il avait cédé son entreprise de Havilland à l'avionneur américain Boeing[182].

Un temps annoncée pour juin 1991, la finalisation de la vente est repoussée par la tenue d'ultimes négociations entre ÉACL, MDS Health et la CDIC. En effet, avec le retard pris dans la construction du réacteur MAPLE-X et à la suite d'une panne survenue dans le réacteur NRU en janvier 1991, MDS Health exige des garanties supplémentaires de la part d'ÉACL et du gouvernement quant à la sécurité de son approvisionnement en radio-isotopes. Ces discussions, abordées au chapitre suivant, montrent que la fragilité de la chaîne de production du Mo-99, qui n'a été exposée qu'en 2008 après le déclenchement de la 'crise des isotopes', est un problème qui est en réalité apparu, et a fait l'objet de discussions, dès le début des années 1990. Suite à de nouvelles concessions du gouvernement en faveur de Nordion, un accord entre l'ensemble des parties est finalement conclu le 8 novembre 1991, date à laquelle

---

[181] Alison Motluk, « A political Meltdown », *The Walrus*, 12 avril 2011. Disponible sur: https://thewalrus.ca/a-political-meltdown/, consulté le 13 juin 2015.

[182] Voir W.T. Stanbury, « Privatization in Canada: Ideology, Symbolism or Substance? », dans Paul MacAvoy et al., *Privatization and State-Owned Enterprises*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, p. 285.

Nordion Inc. est officiellement transférée à MDS Health pour être rebaptisée MDS Nordion.

2.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de reconstituer la chaîne des évènements par lesquels le gouvernement fédéral a privatisé la branche de commercialisation des radio-isotopes d'ÉACL. L'analyse de la privatisation de la SR constitue une étude de cas originale des mécanismes politiques mis en action durant la vague des privatisations effectuées par le gouvernement fédéral entre 1985 et 1993. Elle met notamment en relief le rôle du BPAR, dont la création en juin 1986 a marqué l'institutionnalisation de la politique publique de privatisation voulue par le gouvernement. Dans cette perspective, le rôle joué par le BPAR dans la centralisation des informations et des analyses émanant des différentes parties impliquées s'est avéré décisif. Ce rôle ne s'est pas accompli de façon neutre, puisque les opinions du ministère des Finances étaient régulièrement favorisées dans les mémoires au Cabinet, au point qu'il serait peut-être plus juste de décrire le BPAR comme un relai des volontés du ministère des Finances et de la CDIC, plutôt qu'un arbitre entre leurs positions et celles parfois antagonistes du binôme ÉMR/ÉACL.

À travers la stratégie de multinationalisation de la SR, le rôle joué par la CDIC démontre que la privatisation des compagnies de la Couronne s'inscrit non seulement dans une logique de désengagement étatique de l'activité industrielle mais également d'intégration de l'économie nationale dans un marché en voie de globalisation. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les privatisations des compagnies de la Couronne sont concomitantes aux négociations pour l'établissement de l'accord de libre-échange nord-américain, signé en décembre 1992. Finalement, l'analyse de la privatisation de la SR permet de mettre à jour l'influence des firmes de consultants, telles que Wood Gundy, Gordon Capital ou KPMG, dans la formulation des politiques publiques du

gouvernement fédéral et dans la mise en pratique des principes du nouveau management public dans ses ministères[183]. Inspirée par la volonté d'introduire une « discipline de marché » dans le fonctionnement d'ÉACL, la ligne de conduite adoptée par le gouvernement parait, de ce point de vue, paradoxale. En particulier, son refus répété d'octroyer des « subventions déguisées » à ÉACL, en lui interdisant de conserver des parts dans la future entreprise privatisée, ignore délibérément que la rentabilité de la SR repose sur le fait qu'elle a toujours été indirectement subventionnée par les autres branches de son entreprise mère, en particulier de la R&D nucléaire. Cette relation de dépendance est pourtant reconnue au sein même du ministère des Finances puisqu'il qualifie, dès avril 1986, les liens entre la SR et la Société de la recherche de « symbiotiques » et qu'il s'attend à les voir perdurer même après la privatisation de la SR[184]. La situation financière d'ÉACL est ainsi reléguée au second plan, au profit de la maximisation de la plus-value réalisée par le gouvernement sur la vente de la SR.

L'analyse de la privatisation de la SR nous a également permis de mettre à jour une transformation fondamentale dans l'industrie des radio-isotopes et un changement important de son statut dans la stratégie d'ÉACL. D'abord, nous avons vu que les difficultés de l'industrie nucléaire au cours des années 1980 avaient été causées par une combinaison de plusieurs facteurs: la surestimation des prévisions de la demande d'électricité dans les années 1970, les faibles ventes des réacteurs CANDU au Canada et à l'étranger et l'explosion des coûts du nucléaire, résultat d'une inflation galopante et de l'incapacité d'ÉACL à prévoir les coûts réels de ses GPT. À cela s'ajoutent les transformations managériales que connaît la compagnie à partir de 1977. Celles-ci introduisent d'abord des logiques de contrôle financier puis de rationalisation des coûts et d'impératifs de rentabilité pour, finalement, aboutir aux privatisations. ÉACL perd

---

[183] Sur l'influence croissante des firmes de consultants, depuis le début des années 1980, voir Anthony Perl et Donald White, « The Changing Role of Consultants in Canadian Policy Analysis », *Policy and Society*, vol. 21, no. 1, 2002, pp. 49-73.

[184] Note de service à Michael Wilson (ministre des Finances), RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3625-A0003-003, boîte 28, dossier 1 CA, 18 avril 1986, p. 3.

ainsi graduellement de son autonomie vis-à-vis du gouvernement fédéral, ce qui ouvre la porte à une privatisation de la SR. La perte des revenus des radio-isotopes devient d'autant plus dommageable qu'ils constituent un moyen tout désigné de générer des revenus additionnels aidant à compenser les difficultés financières du programme CANDU et les coupures dans les budgets de R&D.

Comme nous l'avons rappelé dans le chapitre I, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, que ce soit au Canada, aux États-Unis ou au Royaume-Uni, les radio-isotopes sont des sous-produits des programmes de la R&D nucléaire publique. Leurs coûts de production sont considérés négligeables, à partir du moment où on les intègre dans les coûts d'opération des réacteurs de recherche principalement dédiés au support des programmes nucléaires civils ou militaires. En novembre 1976, le président d'ÉACL John Foster décrit encore les activités commerciales de la Division des produits commerciaux d'ÉACL, ancêtre de la SR et de Nordion, comme « une opération marginale » ne générant d'année en année que de faibles profits[185]. Mais la croissance continue de la demande en Mo-99 tout au long des années 1980, la situation de quasi-monopole dans laquelle se retrouve la SR, à la faveur d'évènements parfois contingents tels que la disparition de certains réacteurs concurrents, ainsi que les difficultés financières traversées par ÉACL, vont laisser une toute autre réalité prendre forme: les radio-isotopes constituent désormais un marché au potentiel lucratif et susceptible d'inverser temporairement la relation de dépendance économique entretenue avec le programme de R&D qui lui traverse une période de sous-financement public. La croissance rapide du marché des radio-isotopes, en particulier celui du Mo-99, associé à la privatisation de la SR, aura des conséquences directes sur la trajectoire du projet MAPLE. Ces conséquences sont examinées au chapitre suivant.

---

[185] Lettre de J. Foster à A. Gillespie, RG 55, BAN 2000-01176-4, boîte 1, dossier 1 V, 14 novembre 1976, p. 9

CHAPITRE III - LA TRAJECTOIRE DU PROJET MAPLE-X: FRAGILITÉS ET DÉFAILLANCES DU SYSTÈME DE PRODUCTION DE RADIO-ISOTOPES D'ÉACL (1985-1993)

3.1 Introduction

Les rares et sommaires tentatives de faire la genèse du projet MAPLE remontent au plus loin à 1996, année où MDS Nordion a passé commande à ÉACL des deux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2[1]. Pourtant, ce grand projet technologique a débuté bien avant cette date. En s'intéressant de près à son histoire, on lui découvre rapidement une première vie dont l'analyse s'avère déterminante pour comprendre ce qui n'aura finalement été que l'épilogue tardif d'un projet 'ressuscité' à la fin des années 1990. Ce chapitre revient sur cette première période, entre 1985 et 1993, où le projet MAPLE ne consistait pas en la construction de deux mais d'un seul réacteur, alors appelé MAPLE-X, et où presque tous les éléments constituants de la 'crise des isotopes' de la fin des années 2000 se retrouvaient déjà en germe. Sous un angle différent du précédent, le présent chapitre rend compte de la reconfiguration du système de production des radio-isotopes d'ÉACL. Alors que nous avions auparavant expliqué comment s'étaient établis les termes du rapport contractuel entre production publique et commercialisation privée, ici, nous nous intéressons aux propriétés du dispositif physique de production, dont la première vie du projet MAPLE permet justement de cerner les transformations.

---

[1] Voir par exemple: Thomas J. Ruth, « The Medical Isotope Crisis: How We Got Here and Where We Are Going », *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 42, no. 4, 2014, pp. 245-248; Jatin Nathwani et Donald Wallace (dirs.), *Canada's Isotope Crisis*, Kingston, Queen's University Press, 2010; Geoff Norquay, « A Rock and a Hard Place: The Isotope Conundrum », *Policy Options*, septembre 2009, pp. 41-46; Ben Magnus, « Over Budget, Overdue and, Perhaps, Overdesigned », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 13, 2008, pp. 813-814.

Le chapitre se divise en quatre parties. La première situe les origines du projet MAPLE-X au début des années 1980 et en propose une contextualisation triple: premièrement, la volonté d'ÉACL d'orienter ses activités de recherche vers des services et des débouchés commerciaux; deuxièmement, les coupures gouvernementales opérées dans les budgets de R&D d'ÉACL et leurs conséquences sur la réorganisation du fonctionnement des installations de sa Société de la recherche; troisièmement, l'anticipation par ÉACL de la privatisation de la Société radiochimique et la planification nécessaire qui en découle pour maintenir une production fiable de radio-isotopes.

La seconde partie du chapitre propose, dans un premier temps, une description du concept MAPLE. Le terme « concept » est ici compris au sens des éléments techniques caractérisant le fonctionnement du réacteur et le distinguant d'autres modèles conçus pour une finalité similaire. Cette description permet de comprendre comment et pourquoi le MAPLE a été pensé à l'origine comme un instrument aux applications multiples, avant que son usage ne soit finalement limité à la production des radio-isotopes. Le réacteur est en effet initialement conçu dans l'optique de remplir plusieurs tâches, allant de la réalisation d'expériences de recherche fondamentale et appliquée à la production de radio-isotopes, en passant par la formation de travailleurs pour l'industrie nucléaire. Cette versatilité des usages se retrouve d'ailleurs exprimée dans la première lettre de l'acronyme MAPLE[2], qui signifie « Multipurpose ». Mais à mesure que le projet se développe, les propriétés se restreignent, au gré de l'apparition de nouvelles contraintes, et l'on aboutit finalement à un réacteur délesté de ses capacités de recherche et dédié uniquement à la production de radio-isotopes. Les changements continuels apportés, entre 1986 et 1990, à certaines caractéristiques techniques majeures du réacteur MAPLE-X, telle que sa puissance de sortie, la composition métallurgique de son combustible ou la conception de ses systèmes de

[2] MAPLE est l'acronyme de Multipurpose Applied Physics Lattice Experimental.

sûreté, témoignent de l'incertitude et du risque inhérents à tout grand projet technologique, de la trajectoire heurtée et non-linéaire du processus d'innovation, mais également de la surdétermination des choix techniques par des facteurs d'autre nature, qu'ils relèvent des finances, de la stratégie de l'entreprise ou de la réglementation nucléaire en vigueur au Canada.

Dans la troisième partie du chapitre, la narration du projet MAPLE-X est momentanément mise entre parenthèses, au profit d'une exploration des modalités d'intégration de l'activité de production des radio-isotopes dans le dispositif physique de R&D de la Société de la recherche d'ÉACL. Nous nous intéressons, en particulier, au rôle de ses deux principaux réacteurs de recherche, le NRU et le NRX, ainsi qu'aux installations de traitement et de stockage des déchets radioactifs produits sur le site de Chalk River. À partir de la fin de l'année 1990, ces trois installations forment un système qui arrive à saturation, avec l'accroissement rapide du rythme de production découlant de la nouvelle position quasi-monopolistique occupée par Nordion sur le marché américain du Mo-99. Loin de nous détourner du projet MAPLE-X, l'analyse du fonctionnement des réacteurs de Chalk River, au contraire, nous renvoie directement. En effet, la surexploitation de ces installations a des conséquences qui, conjuguées à celles de la privatisation de la SR, ont un impact direct sur la décision d'arrêter une première fois le projet. Dès lors, on comprend que le MAPLE-X ne doit pas être appréhendé comme une entreprise isolée, mais au contraire comme une pièce essentielle venant s'emboîter dans le complexe préexistant: d'une part, le MAPLE-X ne fait sens pour ÉACL que dans le cadre d'une stratégie globale de gestion de ses installations de recherche vieillissantes. D'autre part, et au gré des écueils rencontrés durant le projet, le fonctionnement de ces installations est de plus en plus pensé et adapté en fonction de l'activité de production des radio-isotopes, au détriment de la R&D.

La quatrième et dernière partie du chapitre expose les raisons qui, en octobre 1993, poussent ÉACL à mettre fin au projet MAPLE-X. La décision résulte avant tout du

constat de la non-viabilité économique du commerce des radio-isotopes pour la Société de la recherche d'ÉACL. Les déficits générés par cette activité découlent eux-mêmes en grande partie des termes contractuels liant ÉACL à Nordion, des transformations que subit le marché des radio-isotopes au tournant des années 1990 et du coût de maintenance des installations de recherche de Chalk River. L'annonce de l'arrêt du projet MAPLE, juste après que le concept du réacteur eut finalement été validé par la CCEA, peut autant être interprétée comme un moyen de mettre un terme à la saignée financière occasionnée par un projet dont le budget a démesurément gonflé en l'espace de quelques années, que comme un outil de pression mis en œuvre par ÉACL pour forcer Nordion à renégocier les termes de l'entente commerciale. Des discussions ont effectivement lieu, avec la médiation du gouvernement fédéral et aboutissent, en juillet 1996, à la négociation d'un nouveau projet, le MMIR[3].

3.2 Contextualisation du projet MAPLE

L'origine et le déroulement du projet MAPLE peuvent être situés dans un contexte triple: premièrement, l'orientation de plus en plus commerciale prise par les activités de R&D d'ÉACL; deuxièmement, les coupures budgétaires auxquelles fait face l'entreprise à partir du milieu des années 1980; troisièmement, la privatisation de la Société radiochimique et ses conséquences sur le dispositif de production des radio-isotopes d'ÉACL. Au chapitre précédent, nous avons pu observer qu'avant même l'arrivée au pouvoir du gouvernement Mulroney, à l'automne 1984, ÉACL avait amorcé une stratégie visant à augmenter ses revenus, à travers une diversification de l'offre de ses produits. Le changement de nom des laboratoires de Chalk River qui, en 1978, devenaient la Société de la recherche, marquait déjà une volonté de gérer les activités de ses laboratoires sur le modèle d'une entreprise relativement autonome

[3] MMIR est l'acronyme de MDS Nordion Medical Isotope Reactors.

financièrement des autres branches de l'entreprise[4]. Mise en difficulté sur le marché des équipements électronucléaires, ÉACL se tourne notamment vers Chalk River pour examiner les perspectives de développement commercial: « based upon its expertise in areas other than the current product lines [les centrales CANDU], in nuclear related areas as well as in non-nuclear areas »[5].

En janvier 1986, la nomination de Stanley Hatcher à la tête de la Société de la recherche témoigne également d'une stratégie de réorientation de ses activités. Hatcher a en effet occupé, durant les cinq années précédant sa nomination, la direction du service de marketing des réacteurs CANDU[6]. Son arrivée coïncide avec la présentation d'un plan d'entreprise visant à tripler les revenus des « services technologiques » de la Société de la recherche, de 30 à 90 M$ en trois ans. Hatcher le confirmera lui-même quelques années plus tard: « nous avons mis en place un système complet de création de nouvelles affaires et activités commerciales. Son but est de produire des recettes commerciales en exécutant des travaux contractuels de R&D, en donnant des licences d'utilisation de technologie, en participant à des entreprises en commun et en lançant des compagnies dérivées »[7]. Cet objectif répond en partie aux coupures opérées dans les budgets fédéraux de la R&D nucléaire, mais également à un désir du ministère de tutelle d'ÉACL, l'ÉMR, d'infléchir la mission des laboratoires de Chalk River vers des objectifs plus commerciaux: « the R&D sector of AECL must further re-orient the use

---

[4] Jeff Carruthers, « Major reorganization at AECL will involve setting up 4 quasi-autonomous subsidiaries », *The Globe and Mail*, 29 juillet 1978, p. B2.

[5] Rapport de D. Cowper (Directeur des Affaires Intergouvernementales - ÉACL) à M. Marion (ministère des Finances), RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 1er mai 1984, p. 8.

[6] « AECL unit will try to pay its way », *The Globe and Mail*, 24 janvier 1986, p. B13.

[7] Stanley R. Hatcher, « Developing New Products from Canadian Nuclear Technology », rapport AECL-9509, juin 1987, p. 1.

of its existing resources including its exceptional cadre of human resources, and put more of its skills to work in developing new and profitable goods and services »[8].

Selon un modèle importé de l'entreprise américaine 3M, des équipes de développement commerciales, ou *business opportunity development teams (BOD)*, sont mises en place au sein de la Société de la recherche[9], afin de sélectionner les idées formulées par les ingénieurs de Chalk River au potentiel commercial le plus prometteur: « We are encouraging our staff to come forward with ideas on products and services as well as the general running of the company »[10]. Parmi ces idées figure le développement de réacteurs dits de « petite taille », dont la puissance se situe entre 1 et 10 MW. Ces réacteurs seraient destinés à diverses applications: la production d'énergie, la réalisation d'expériences de recherche ou la production de radio-isotopes. De l'expérience BOD, seuls les réacteurs SLOWPOKE Energy System (SES), pour la production d'énergie thermique, et MAPLE, pour la recherche et la production de radio-isotopes, atteignent le stade de projets commerciaux structurés, au milieu des années 1980. Le ministère de l'ÉMR qui, au printemps 1985, examine lui aussi les opportunités d'accroître la rentabilité d'EACL, mentionne alors le « sous-programme des réacteurs », centré sur le développement de réacteurs hors de la lignée CANDU, qui ne sont donc pas destinés à être connectés au réseau électrique: « It includes the upgrading of the SLOWPOKE reactor for both heat and electricity generation [...] and

---

[8] Document ÉMR, « Realignment of AECL activities/ réorientation des activités d'ÉACL », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 13 mars 1985, p. 1.

[9] Voir D.G. Hurst (dir.), *Canada Enters the Nuclear Age: A Technical History of Atomic Energy of Canada Limited as Seen from its Research Laboratories*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 1997, pp. 401-402.

[10] Propos de S. R. Hatcher rapportés dans: « AECL unit will try to pay its way », *The Globe and Mail*, 24 janvier 1986, p. B13.

the development of the MAPLE class of research reactors for which there may be a significant overseas market »[11].

Si elle ne prend sérieusement forme qu'au tournant de l'année 1985, l'idée de construire un réacteur de type MAPLE remonte au début des années 1980. ÉACL réalise alors une étude de marché internationale pour des petits réacteurs nucléaires de recherche. L'initiative fait suite à la publication par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) d'un document soulignant le rôle fondamental que pourraient jouer les réacteurs de recherche dans le développement des programmes nationaux d'énergie nucléaire. Le document de l'AIEA encourage particulièrement les pays en voie de développement souhaitant initier un programme nucléaire à se doter de ce type de réacteurs qui permettent une variété d'applications[12]. Dans cette perspective, ÉACL va développer le concept MAPLE, dont la première lettre de l'acronyme, « M » pour Multipurpose, indique bien la nature versatile. Le réacteur devrait rendre aux gouvernements et aux agences nucléaires plusieurs services: fournir des informations techniques pertinentes, servir de base expérimentale, former une main d'œuvre qualifiée et produire des radio-isotopes. Un des principaux objectifs des ingénieurs d'ÉACL consiste donc à concevoir: « un réacteur flexible facilitant tout un éventail d'utilisations: l'essai du combustible et des matériaux pour les réseaux de H_2O et de D_2O, la production de radio-isotopes, la recherche fondamentale et appliquée en physique nucléaire et de l'état solide ainsi que la formation du personnel nucléaire »[13]. Une variante du concept, nommée SUGAR MAPLE[14], est élaborée spécialement pour les besoins des pays en voie de développement. La version SUGAR se distingue du

---

[11] Document ÉMR, 13 mars 1985, *op. cit.*, p. 15.

[12] Rapport de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, « Manpower Development for Nuclear Power. A Guidebook », STI/DOC/10/200, 1980.

[13] R.F. Lidstone, « MAPLE: Un concept de réacteur canadien à usage multiple pour le développement nucléaire national », rapport AECL-7826, juin 1984, p.4.

[14] SUGAR est l'acronyme de SLOWPOKE Uprated for General Applied Research.

MAPLE par une puissance de sortie maximale inférieure, 10 MW contre 25, des capacités de recherche plus limitées, mais également un coût de construction plus faible. Alors que le MAPLE vise des pays possédant déjà les bases d'un programme nucléaire élaboré ou « ayant l'intention de créer une industrie nationale du combustible ou une industrie nucléaire tout à fait indépendante », sa variante vise le marché des pays émergeants désirant « construire des installations pour les premières étapes d'un programme nucléaire »[15].

Le développement du MAPLE fait également suite à une tentative ratée par ÉACL de vendre un réacteur de recherche à l'Indonésie, pays dont le profile correspond justement à la description donnée par l'AIEA. En 1980, l'entreprise pense qu'une telle vente ouvrirait la voie à sa participation au futur programme électronucléaire de l'Indonésie[16]. Elle espère donc pouvoir vendre à BATAN, l'agence nucléaire indonésienne, « un réacteur de recherche polyvalent de 35 mégawatts semblable au NRX »[17]. Mais suite à des réunions tenues durant l'été 1980 avec BATAN, ÉACL réalise que sa proposition, tout à fait recevable sur le plan technique, se trouve pénalisée financièrement. Sur l'appel d'offre, le Canada se retrouve en concurrence avec des pays tels que l'Allemagne, les États-Unis ou la France qui, certes, proposent des réacteurs dotés d'options moindres que celle du réacteur d'ÉACL, mais à des prix bien inférieurs: « Bien que BATAN ait précédemment fait savoir que les premières propositions d'ÉACL étaient très acceptables au plan technique, cette entreprise a également noté que le coût était trop grand comparé à celui des concurrents »[18]. L'épisode indonésien se solde sur un échec, mais ÉACL en tirera les conclusions nécessaires, en travaillant

---

[15] R.F. Lidstone, *op. cit.*, p. 11.

[16] Mémoire soumis par ÉACL au Conseil du Trésor, R-12590, vol. 121, dossier 12, « AECL Board Meetings vol. 1 », 5 septembre 1980, p. 1.

[17] *Ibid.* p. 3.

[18] *Ibid.*, p. 9.

sur un concept de réacteur: « that can initially be built at a low cost (10 M$) but can later be expanded to do more things as a country's research program grows »[19].

En plus de positionner ÉACL sur un potentiel marché de réacteurs de recherche, le développement du MAPLE répond au contexte des coupures budgétaires subies par l'entreprise depuis l'arrivée au pouvoir, en septembre 1984, du Parti conservateur du Canada. Dès son accession au gouvernement, ce dernier vote rapidement une division par deux du budget de R&D d'ÉACL sur cinq ans, avec l'objectif de passer de 200 à 100 M$ par année, entre 1985 et 1990. En janvier 1985, la Société de la recherche d'ÉACL met sur pied un « Research Reactor Rationalization Program », visant à réorganiser la gestion de ses réacteurs de recherche, en fonction du nouveau cadre budgétaire établi par le gouvernement. Pour le président du C.A. d'ÉACL, Robert Desprès, ce programme de rationalisation doit permettre aux laboratoires de Chalk River de réaliser des économies et d'identifier: « the most cost effective option for the future operation of Company's research reactors in a fashion consistent with the company's mission and objectives »[20].

La Société de la recherche établit trois missions fondamentales devant être remplies par ses réacteurs de recherche en ordre de priorité: premièrement, être en mesure de réaliser les expériences nécessaires au soutien du développement des réacteurs CANDU; deuxièmement, fournir une production fiable de radio-isotopes médicaux et en volume suffisant pour satisfaire les besoins de la Société radiochimique, qui est devenue en 1984 le premier producteur de Mo-99, avec 60% des parts du marché mondial; troisièmement, soutenir le programme de recherche fondamentale d'ÉACL en physique de la matière condensée, qui nécessite des flux neutroniques au moins

---

[19] Voir R.G. Hart, « Presentation to the AECL Board of Directors », dans le procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 25 janvier 1985, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 1.

[20] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 25 janvier 1985, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 17.

aussi élevés que ceux fournis par le réacteur NRU. Ces trois missions correspondent au mandat double de la Société de la recherche, établi par son président R.G. Hart en novembre 1985: « fundamental sciences research and isotope production »[21].

Après avoir passé en revue les capacités de ses réacteurs, ÉACL détermine que l'ensemble de ses besoins en R&D pourraient être satisfaits par le NRU, à condition que la production des radio-isotopes à courtes demi-vie, en particulier le Mo-99 et le Xe-133, soit déplacée vers un autre réacteur. Capable de générer des flux neutroniques élevés et doté d'un cœur volumineux, le NRU est considéré comme l'un des réacteurs de recherche les plus performants au monde. Mais son utilisation à plein potentiel pour la recherche est contrariée par la production des radio-isotopes, activité qui exige une planification horaire dont la flexibilité s'amenuise au fur et à mesure de l'augmentation de la demande de radio-isotopes et de la croissance de la Société radiochimique. Comme R.G. Hart ne manque pas de le rappeler au C.A. d'ÉACL, l'utilisation du NRU est restreinte, car la production des isotopes de courtes demi-vies contrôle le calendrier d'opération du réacteur[22].

Produire du Mo-99 ne requiert pas un réacteur à la puissance thermique aussi élevée que celle du NRU, celle-ci pouvant atteindre 150 MW, voire même du NRX, qui culmine à 40 MW. Par contre, elle exige un flux neutronique plus élevé que ce que peut produire le NRX ou le réacteur de recherche WR-1 qui se trouve aux laboratoires d'ÉACL à Whiteshell, au Manitoba. La chaîne de production en flux tendu du Mo-99 requiert également la présence d'un réacteur de réserve, prêt à prendre le relai du réacteur principal de production, ici en l'occurrence le NRU, dans l'éventualité où ce dernier tombe en panne ou lorsqu'il connaît des arrêts de maintenance planifiés. Dans la configuration actuelle, c'est le NRX qui remplit cette fonction de soutien. Mais la

---

[21] R.G. Hart, « Presentation to the Board of Directors on MAPLE-X », procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 28 novembre 1985, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 6.

[22] R.G. Hart, « Presentation to the AECL Board of Directors », 25 janvier 1985, *op. cit.*, p. 2.

Société de la recherche souhaiterait plutôt l'assigner au NRU, afin de lui libérer du temps pour la recherche. Il faudrait, à ce moment-là, construire un nouveau réacteur pouvant remplir la fonction de producteur principal. Celui-ci pourrait être de faible puissance, mais devrait être capable de générer des flux neutroniques élevés, optimisant ainsi la production des radio-isotopes[23].

À partir de ce plan, la Société de la recherche entrevoit l'opportunité de construire un nouveau réacteur, de type MAPLE, pour y transférer la production de ses radio-isotopes, tandis que le NRU serait principalement utilisé à des fins expérimentales et, au besoin, comme réacteur de réserve. La construction du nouveau réacteur permettrait également d'arrêter définitivement les réacteurs NRX et WR-1, une source d'économies non négligeable. Le premier, après bientôt 40 années d'opération, a fait son temps et ses tâches peuvent être absorbées par le NRU. Quant au WR-1, il a essentiellement servi, depuis sa mise en service en 1965, à démontrer la faisabilité technique du concept de réacteur à caloporteur organique, qui n'a finalement pas trouvé de débouché commercial[24]. Afin de minimiser les futurs coûts de construction, le bâtiment du NRX et son blindage seraient réutilisés pour accueillir le réacteur MAPLE. L'opération de ce dernier servirait, dans un premier temps, à démontrer son potentiel de réacteur de recherche, avant qu'il ne soit utilisé pour produire les radio-isotopes dont aurait besoin la Société radiochimique.

Une fois l'ensemble des travaux achevés, dans le courant de 1990, la Société de la recherche s'attend à pouvoir économiser 22% par année sur l'opération de ses réacteurs, soit un montant de 8.4 M$ sur un budget total de 35.7 M$[25]. En somme, la construction d'un réacteur MAPLE devient une composante essentielle du programme de rationalisation des coûts de la Société de la recherche d'ÉACL, puisqu'elle lui

---

[23] *Ibid.*

[24] Sur l'histoire de ce réacteur de recherche, voir: D.G. Hurst (dir.), *op. cit.*, pp. 325-332.

[25] R.G. Hart, *op. cit.*, 25 janvier 1985, p. 4.

permet de trouver un équilibre entre ses activités de recherche et sa production de radio-isotopes: « The Research Company will be able to fulfill both mandates in a more cost-effective manner by building this unit »[26].

3.3 Description technique du concept MAPLE

D'un point de vue technique, le MAPLE repose sur la combinaison et l'adaptation des concepts de deux réacteurs développés par le passé avec succès à Chalk River: le SLOWPOKE et le NRX. Plus précisément, le concept MAPLE est considéré par les ingénieurs de Chalk River comme: « a variant of AECL's SLOWPOKE technology in combination with a scale-down and simplification of the basic NRX concept »[27]. Le réacteur est constitué d'un cœur et d'une cuve refroidis à l'eau légère (H_2O) et modérés à l'eau lourde (D_2O), baignant à l'intérieur d'une piscine remplie d'eau légère. Sa finalité double de modèle de démonstration pour le marché des réacteurs de recherche et pour la production des radio-isotopes est également explicite: « MAPLE-X would serve the dual role of demonstration reactor and primary supplier of radio-isotopes »[28].

Pour concevoir le MAPLE, les ingénieurs d'ÉACL partent du principe qu'il existe deux principaux types de réacteurs nucléaires de recherche dans le monde: d'une part, les réacteurs au combustible hautement enrichi, refroidis et modérés au H2O; d'autre part, les réacteurs refroidis au H2O ou au D2O et modérés au D2O. Le premier type est généralement utilisé dans des expériences d'essais de matériaux, par exemple le test d'un nouvel alliage métallique destiné à servir de revêtement aux barres d'un combustible nucléaire. Son avantage est qu'il maximise les flux neutroniques obtenus

---

[26] R.G. Hart, *op. cit.*, 28 novembre 1985, p. 6.

[27] W. Heeds, « The MAPE-X Concept Dedicated to the Production of Radio-isotopes », rapport AECL-8837, juin 1985, p. 1.

[28] *Ibid.*

en fonction de la puissance fournie par le réacteur. Par contre, l'obtention de ces flux nécessite un cœur de réacteur au volume compact qui, par conséquent, dispose d'un « espace disponible limité pour les irradiations »[29]. Ce type de réacteur a déjà été développé et construit au Canada par ÉACL. Il s'agit du concept SLOWPOKE-2. Opérant à une puissance faible ne dépassant pas les 20 kilowatts, le SLOWPOKE-2 a été conçu pour réaliser un optimum entre la masse de combustible utilisée et la quantité de flux neutroniques obtenue dans le cœur. C'est également un réacteur de type piscine, une caractéristique dont hérite le MAPLE, puisque son cœur baigne dans un large cube de béton creusé dans le sol et rempli de H2O. La petite taille du SLOWPOKE-2 et son faible coût le destinaient au marché universitaire, dans la mesure où il permettait aux chercheurs de réaliser des expériences, pour une fraction du coût des réacteurs concurrents. Le SLOWPOKE-2 a d'ailleurs été vendu à plusieurs institutions universitaires et de recherche canadienne, dont l'École Polytechnique de Montréal en 1976[30].

Le second type de réacteurs de recherche se distingue notamment du premier par le recours au D_2O comme liquide modérateur. Cette caractéristique lui permet de bénéficier d'un cœur plus spacieux, mais d'un flux neutronique par unité de puissance générée plus faible. Il est cependant possible de « remédier localement au désavantage des flux rapides inférieurs, en offrant un espace d'irradiation dans un assemblage combustible annulaire »[31]. Ce type de réacteur est représenté au Canada par le NRU, mais surtout par le NRX. Ainsi, pour produire un concept flexible du point de vue des usages, exploitant les forces d'un réacteur de tests de matériaux, tout en bénéficiant de l'avantage de la modération au D_2O, l'équipe d'ingénieurs d'ÉACL « a conçu un cœur

---

[29] R.F. Lidstone, *op. cit.*, p. 5.

[30] D.G. Hurst, *op. cit.*, pp. 396-397. Les autres institutions à s'être dotées d'un SLOWPOKE-2 sont l'Université de Toronto, l'Université Dalhousie, l'Université de l'Alberta, le Conseil de la Recherche de la Saskatchewan et le Collège militaire royal du Canada. En 1984, un SLOWPOKE-2 a également été mis en service à l'International Centre for Environmental and Nuclear Sciences en Jamaïque.

[31] R.F. Lidstone, *op. cit.*

de réacteur à l'intérieur d'une piscine remplie d'eau ordinaire en combinant les méthodes suivantes: l'augmentation et l'adaptation de la technologie du SLOWPOKE-2 et la diminution et la simplification du type NRX de base »[32].

Le réacteur MAPLE est composé de trois parties principales (Figure 3.1): une structure inférieure de soutien qui permet à l'eau légère de circuler vers le haut et de pénétrer dans la seconde partie du réacteur qu'est la calandre, puis une troisième partie, appelée cheminée, qui permet à l'eau légère ayant pénétré la calandre de poursuivre sa circulation en boucle via un collecteur de sortie. Les trois parties sont entreposées dans un grand volume bétonné appelé piscine et rempli d'eau légère. L'idée de disposer le réacteur dans une piscine, empruntée au design du SLOWPOKE-2, est justifiée pour plusieurs raisons: le faible coût de l'eau légère, l'accès relativement simple qu'elle donne au cœur du réacteur, l'avantage d'un blindage transparent qui facilite la détection visuelle d'éventuels bris mécaniques et l'avantage sécuritaire offert par un grand réservoir de refroidissement non pressurisé. Des trois parties principales, celle qui est la plus intéressante à analyser est la calandre, car elle contient le cœur du réacteur et donne son sens à la qualification de réacteur à usages multiples du MAPLE. Elle est constituée d'une cuve cylindrique en zirconium, traversée par plusieurs tubes verticaux, elle-même délimitée par trois zones (Figure 3.2).

La première zone, centrale, est refroidie et modérée au H_2O, tel un réacteur de recherche du premier type. Y sont disposés les emplacements contenant les barres de combustible, c'est-à-dire le carburant du réacteur, de manière à former une matrice hexagonale de 36 éléments. Cette zone est conçue pour produire des flux pouvant atteindre, dans le cas du MAPLE, 2×10^{14} neutrons par centimètre carré, à chaque seconde d'opération du réacteur, à une puissance maximale fixée à 20 MW. La seconde zone, dite médiane, est refroidie au H_2O et modérée au D_2O. Deux réseaux de tubes cylindriques y sont disposés, formant deux hexagones concentriques qui peuvent servir

[32] *Ibid.*, p. 6.

de sites d'irradiation pour la production des radio-isotopes. Cette zone reconstitue, de manière simplifiée, le réseau des tubes expérimentaux du NRX: « Le réseau modéré au D_2O est suffisamment grand pour permettre que le MAPLE soit exploité comme un petit NRX simplifié »[33]. Elle permet de réaliser des expériences et des tests de différents types, par exemple, « pour des essais de tenue de grappes longues de combustible CANDU ou des modèles de taille moyenne d'assemblages de combustible de réacteurs à eau légère »[34]. La zone médiane de la calandre est traversée par 9 canaux horizontaux également dédiés aux expériences de recherche fondamentale ou appliquée. Des plaques ont été placées à son sommet, donnant accès: « à une chaussette verticale, laquelle contiendra des sources de neutrons froids ou chauds adjacentes à un canal expérimental à sortie de faisceau tangentiel et permettant le montage d'une boucle en U »[35]. Finalement, la troisième zone, extérieure, est remplie de D_2O et sert de réflecteur atténuant la perte des neutrons s'échappant du cœur du réacteur, dans la première zone de la calandre.

Cette description sommaire de la technologie MAPLE montre bien que la conception initiale du réacteur, qui a connu plus tard plusieurs modifications, vise initialement un large éventail d'applications. Par ailleurs, si le concept MAPLE résulte en bonne partie de la combinaison et de l'adaptation de deux concepts de réacteurs de recherche, le SLOWPOKE et le NRX, construits et exploités avec succès par ÉACL dans le passé, il n'en demeure pas moins que sa faisabilité demeure pour l'instant théorique. En effet, si la reconfiguration de technologies ou de procédés connus et maîtrisés pour créer de nouveaux objets techniques peut constituer une avenue riche en termes d'innovation, elle comporte également une part importante d'incertitude technologique. Cela est notamment dû au fait que les propriétés de l'objet résultant sont

---

[33] R.F. Lidstone, *op. cit.*, p. 10.

[34] *Ibid.*

[35] *Ibid.*

rarement réductibles à la somme des propriétés des deux objets qui ont été combinés pour l'obtenir[36]. Ainsi, même si un rapport d'ÉACL se montre optimiste quant à la capacité du MAPLE « à jouer un rôle de premier plan dans un programme nucléaire national »[37], le réacteur qui doit être construit à Chalk River dans le cadre du Programme de rationalisation des réacteurs, est bien décrit comme un « prototype de démonstration du nouveau concept »[38]. L'incertitude inhérente à tout grand projet technologique relève évidemment de facteurs techniques mais possède une dimension extra-technique tout aussi importante qui peut s'exprimer dans des contraintes tant politiques que socioéconomiques ou commerciales[39]. La réalisation de tout grand projet technologique, qui suit généralement un parcours long et sinueux, est un processus où les deux ordres sont intimement liés et interdépendants. Le projet MAPLE ne fait pas exception à la règle.

---

[36] Lee Fleming, « Recombinant Uncertainty in Technological Search », *Management Science*, vol. 47, no. 1, janvier 2001, pp. 117-132.

[37] R.F. Lidstone, *op. cit.*, p. 11.

[38] W. Heeds, *op. cit.*, p. 1.

[39] En ce qui concerne les projets nucléaires, voir: Yves Gingras et Mahdi Khelfaoui, « La centrale nucléaire Gentilly-1: la trajectoire incertaine d'une innovation technologique avortée », *Revue d'histoire de l'Amérique française*, vol. 67, no. 1, 2013, pp. 57-83; Ian Slater, « To Market, to Market: Canadian Nuclear Industry and the Case of the Nuclear Battery », *Journal of Canadian Studies*, vol. 46, no. 1, 2012, pp. 75-111; Gabrielle Hecht, « Political Designs: Nuclear Reactors and National Policy in Postwar France », *Technology and Culture*, vol. 35, no. 4, 1994, pp. 657-685; Yves Gingras et Michel Trépanier, « Constructing a Tokamak: Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources », *Social Studies of Science*, vol. 23, no. 1, 1993, pp. 3-36; Otto Keck, « Government Policy and Technical Choice in the West German Reactor Programme », *Research Policy*, vol. 9, no. 4, 1980, pp. 302-356.

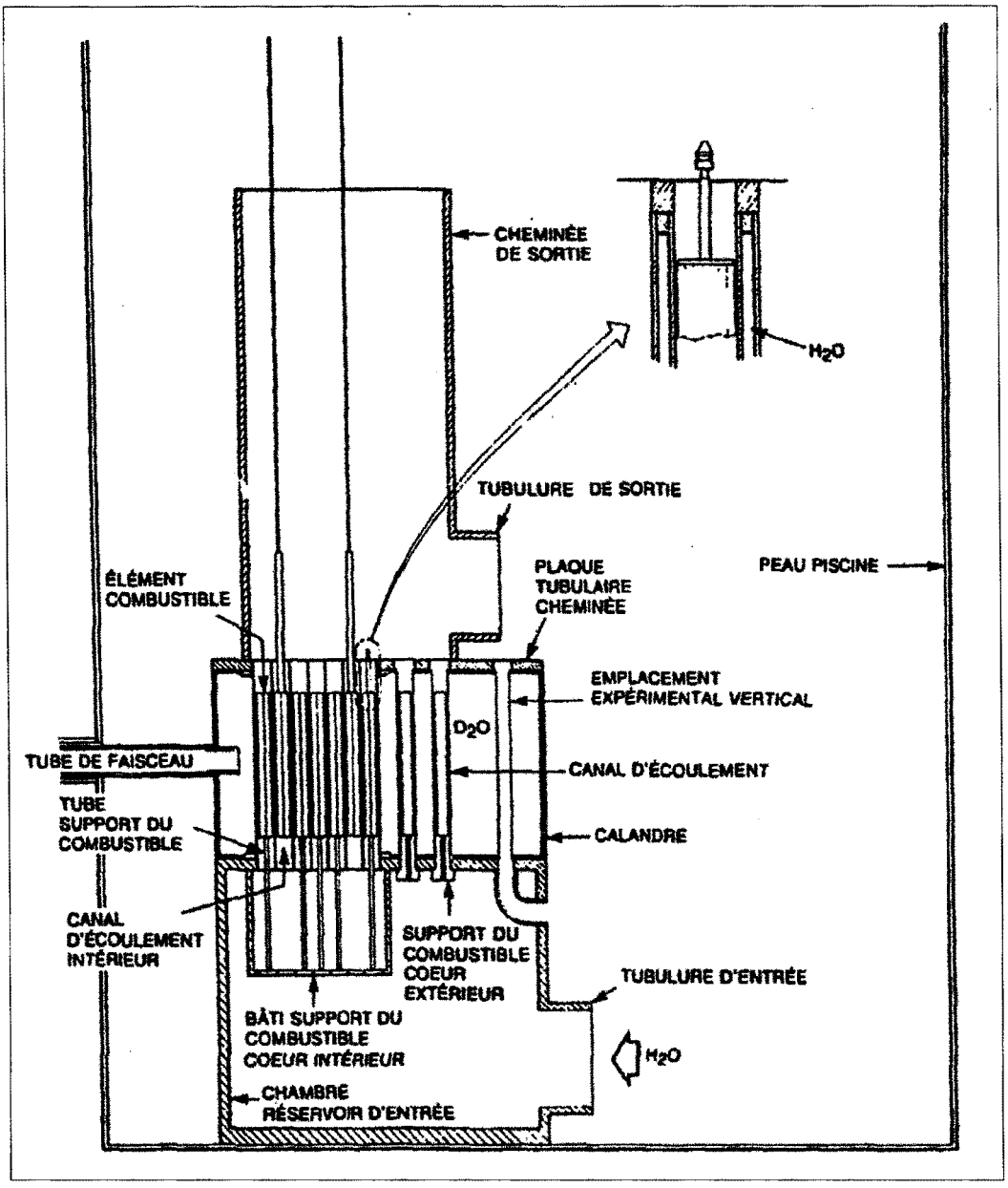

Figure 3.1 Représentation schématique du réacteur MAPLE: coupe verticale

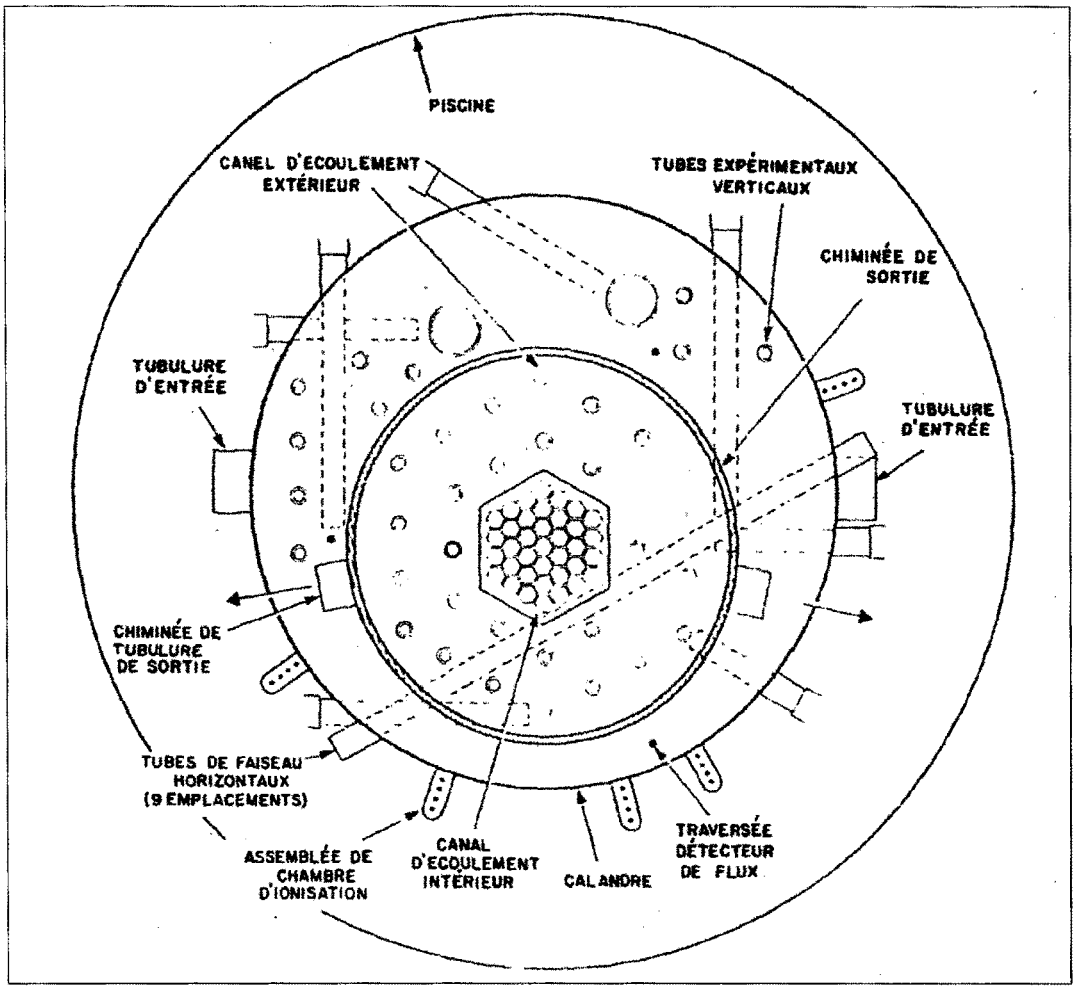

Figure 3.2 Représentation schématique du réacteur MAPLE: coupe horizontale

3.4 Le projet MAPLE-X: contraintes économiques et régulation nucléaire

Dans la période de restriction budgétaire traversée par la Société de la recherche, la première contrainte qui s'impose à la réalisation du prototype MAPLE est de nature économique. Lorsque, dans le courant de l'année 1984, le programme de rationalisation des réacteurs de recherche est élaboré à Chalk River, le type du nouveau réacteur destiné à prendre la relève du NRU dans la production des radio-isotopes n'est pas tout à fait déterminé. Une étude conjointe entre la Société de la recherche et la

Société radiochimique envisage trois scénarios: le premier consiste en la construction d'un réacteur de recherche d'une puissance de 40 MW, à l'intérieur de la calandre du NRX, dont l'enveloppe serait pour ainsi dire recyclée à bon escient. Le second scénario consiste à construire un réacteur de 6 MW, toujours dans la calandre du NRX. Le cœur de ce réacteur serait conçu uniquement pour répondre à la production des radio-isotopes. La troisième option consiste à construire un réacteur MAPLE dans le blindage du NRX. Sa puissance pourrait varier entre 10 et 20 MW, d'où l'ajout d'un « X » à l'acronyme du réacteur pour MAPLE-X. Cette dernière option est retenue par la Société de la recherche, en janvier 1985, car elle permet de démontrer la faisabilité du concept MAPLE pour la recherche et les radio-isotopes, tout en réutilisant les installations existantes du NRX de la manière la plus efficiente possible: « It is planned to replace NRX with a reactor called MAPLE-X that can be dedicated to the production of radio-isotopes. The intent is to replace the NRX calandria with an open-tank, pool-type, prototype reactor utilizing as many of the NRX reactor utilities as is economically practicle »[40].

En mai 1985, une fuite détectée dans un tube du NRU nécessite son arrêt pour une période de 5 mois. Cet incident force la Société de la recherche à repenser sa stratégie de construction du MAPLE-X à l'intérieur de l'enveloppe du NRX. Procéder ainsi reviendrait en effet à se priver, pour une bonne partie de la durée du projet, du réacteur de réserve nécessaire à la stabilité de la chaîne de production du Mo-99. Selon le président de la Société de la recherche, R.G. Hart, en choisissant de réutiliser l'enveloppe du NRX, ÉACL ne s'était pas inquiétée de son indisponibilité relativement prolongée, car le NRU avait jusque-là fonctionné de manière assez fiable. Ce rétropédalage signifie que le MAPLE-X doit à présent être construit dans un nouveau bâtiment, qui sera adjacent au NRX, de manière à ce que ce dernier soit maintenu en mode de veille, ou « Hot Standby », prêt à prendre le relai de la production du NRU à

[40] W. Heeds, *op. cit.*, p. 1.

tout moment[41]. Étant donné l'enjeu crucial que constitue la continuité de la production des radio-isotopes pour la Société radiochimique, c'est elle qui assume les coûts additionnels de 1.9 M$ qu'aurait permis d'économiser une réutilisation des installations du NRX[42].

En novembre 1985, un budget total de 9.9 M$ est alloué par le C.A. d'ÉACL à la construction du MAPLE-X. Le concept consisterait en un réacteur pouvant être opéré jusqu'à une puissance de 20 MW, incluant les capacités de recherche fondamentales et appliquées décrites plus haut, en plus des installations nécessaires à la production des radio-isotopes. La date de mise en service du réacteur est alors prévue pour le mois de juin 1988. Le président de la Société de la recherche, R.G. Hart, se montre très optimiste quant au bon déroulement du projet et entrevoit même la possibilité de pousser plus loin les capacités du réacteur, notamment en termes de puissance générée, une fois réalisées ses deux principales missions: « The reactor is quite simple and the history of pool type reactors is that they are very reliable. Also MAPLE-X can be operated up to about 22 MW with no modifications and up to 30 MW with only slight modifications. It is therefore quite versatile to meet currently unforeseen needs »[43].

Avant de démarrer tout projet nucléaire, ÉACL doit préalablement obtenir une autorisation de la part de l'instance de réglementation de l'énergie nucléaire au Canada, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA): « The Atomic Energy Control Board's mission is to ensure that the use of nuclear energy in Canada does not pose undue risk to health, safety, security and the environment »[44]. Les démarches

---

[41] R.G. Hart, « Presentation to the Board of Directors on MAPLE-X », 28 novembre 1985, *Ibid.*, p. 6.

[42] *Ibid.*, p. 5.

[43] *Ibid.* p. 7.

[44] Cité dans David Jackson et John de la Mothe, « Nuclear Regulation in Transition: The Atomic Energy Control Board », dans Bruce Doern, Arslan Dorman et Robert Morrison (dirs.), *Canadian Nuclear Energy Policy: Changing Ideas, Institutions, and Interests*, Toronto, University of Toronto Press, 2001, p. 101.

nécessaires à l'obtention d'un permis sont menées par un groupe d'experts, lui-même chargé, à l'interne d'ÉACL, d'évaluer et d'approuver la sûreté du fonctionnement de ses propres installations nucléaires. Ce groupe, le Nuclear Safety Advisory Committee (NSAC), est composé d'ingénieurs provenant de différentes branches de la compagnie, mais aussi d'observateurs issus de la CCEA. Lorsqu'une nouvelle installation prévue sur le site de Chalk River est évaluée puis approuvée par le NSAC, ÉACL transmet une requête à la CCEA pour amender la licence du site, afin d'y inclure l'installation en question. Une des tâches les plus importantes du NSAC consiste à évaluer les analyses techniques de sûreté, préparées par les ingénieurs d'ÉACL, qui sont censées garantir le fonctionnement du réacteur selon les normes établies par la CCEA. Le groupe fixe également les directives conduisant à la validation des différentes étapes d'obtention de la licence d'opération auprès de la CCEA.

Ces étapes sont au nombre de cinq: 1) l'envoi d'une lettre à la CCEA pour signifier l'intention d'ÉACL de s'engager dans un nouveau projet nucléaire; 2) la revue du concept du réacteur et l'approbation du lieu de construction; 3) l'approbation du début de la construction; 4) l'approbation du démarrage du réacteur et l'obtention de son permis d'exploitation; 5) l'approbation de l'opération du réacteur à 100% de sa puissance. Pour recevoir l'autorisation de passer d'une étape à la suivante, une série de documents et de rapports techniques doit être soumise par ÉACL à la CCEA et approuvée par cette dernière. Les plus importants de ses documents sont, dans leur ordre chronologique de soumission: le Concept Safety Assessment Report (CSAR), rapport qui sollicite l'approbation de principe du concept du réacteur, le lieu de l'installation et l'autorisation de débuter certains travaux de chantiers qui s'arrêtent au stade de la première coulée de béton; le Preliminary Safety Analysis Report (PSAR), document qui sollicite l'obtention du permis de construction du réacteur; et le Final

Safety Analysis Report (FSAR) qui sollicite l'autorisation de démarrer le réacteur et l'obtention du permis d'exploitation[45].

Bien qu'il obéisse à une logique cohérente, l'ordre de validation de chacune de ces étapes, et de la documentation technique qui leur est associée, n'est pas toujours respecté. Par exemple, il peut arriver qu'ÉACL demande l'autorisation de démarrer certains travaux de construction, alors que le concept n'a été approuvé que de façon partielle, si la CCEA juge que sa validation définitive n'aura pas d'impact sur les travaux déjà entrepris. Cela revient à dire que, comme dans la plupart des grands chantiers technologiques, il est rare que la trajectoire d'un projet nucléaire suive une direction linéaire allant de la recherche fondamentale à l'exploitation commerciale, en passant par le développement technologique et la construction. Ces différentes étapes du processus d'innovation peuvent très bien se chevaucher ou se dérouler simultanément. Dans le cas du projet MAPLE-X, cela se produit dès le début du projet, dans les premiers mois de 1986. Par exemple les contrats pour le développement et la construction de la cuve de la calandre sont attribués aux compagnies Dominion-Bridge Sulzer et Titanium Limited[46], alors même que les recherches portant sur le choix du type de combustible à utiliser dans le cœur du réacteur sont toujours en cours[47].

---

[45] Voir K.D. Cotnam, « Safety Assessment of the MAPLE-X10 Reactor », in *Proceedings of the International Symposium on Research Reactor Safety, Operations and Modifications*, Rapport AECL-9926/ IAEA-SM-310, 23-27 octobre 1989, p. 121.

[46] « Corporate Business Development Committee – Business Opportunity Report – Research Company », RG 19, BAN 2002-01191-5, PRI 3300-A0003-001, boîte 17, dossier 1V, 31 janvier 1986.

[47] « AECL Reserach Co. Business Opportunity Highlights », A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 31 mai 1986, p. 7.

3.4.1 Dépassements de coûts et redéfinition des caractéristiques du réacteur

Bien que le démarrage du réacteur soit prévu pour juin 1988, le projet MAPLE-X commence à prendre du retard sur son calendrier dès l'été 1986. En effet, les premiers documents devant être soumis à la CCEA n'ont pas obtenu l'aval préalable du NSAC, une série de scénarios d'accidents devant être couvert par les études de sûreté n'ayant pas été pris en compte: « The Conceptual Safety Analysis Report (CSAR) was not accepted by NSAC. A number of accident scenarios were identified by NSAC that should be covered by the safety analysis. This may delay the project schedule »[48]. En mars 1987, à mesure que les détails conceptuels du réacteur sont affinés, des augmentations de coût importantes et des retards supplémentaires sont identifiés par la direction du projet: « As detailed design proceeded and code and licensing requirements became firmer, it was realized that some of the scope and significantly more licensing and code requirements were necessary »[49]. L'aspect financier joue un rôle déterminant dans la viabilité commerciale du MAPLE-X, puisqu'ÉACL cible le marché des pays émergents qui ne disposent pas de moyens financiers importants. Les dirigeants de la Société de la recherche se voient donc dans l'obligation de suspendre temporairement le projet, le temps de trouver une solution économique qui permette sa reprise rapide.

En juillet 1987, ils décident finalement de revoir les ambitions du projet à la baisse, en proposant deux importantes modifications conceptuelles au réacteur: d'abord, sa puissance de sortie maximale serait limitée à 10 MW au lieu des 20 prévus initialement. Ce changement permettrait de réaliser des économies appréciables sur la construction du bâtiment enveloppant le réacteur, puisque la version à 20 MW aurait nécessité une structure environ 50% plus grande que celle nécessaire pour un réacteur

---

[48] *Ibid.*, pp. 8-9.

[49] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 27 novembre 1987, p. 15.

à 10 MW[50]. Cette décision est loin de constituer un changement trivial, puisque le nouveau concept résultant de la diminution de la puissance du réacteur s'avère être, selon les termes de K.D. Cotnam, membre du NSAC: « very much different from that of the earlier MAPLE-X20 »[51]. En effet, un retour vers une puissance de 10 MW signifie que l'étape de la conceptualisation du réacteur, dont l'essentiel a été réalisée entre 1983 et 1986, doit être revisitée et faire l'objet d'une nouvelle validation par les membres du NSAC: « The Concept Safety Assessment Report for the MAPLE-X10 reactor outlined the design changes which are now proposed for the facility. These changes include important concepts which require NSAC approval »[52].

La deuxième mesure d'économie prise par la direction du projet consiste, dans un premier temps, à limiter les capacités de recherche du réacteur: « Now, the Maple will not have such capacities as neutron radiography (an imaging process) or the ability to extract neutron beams to test industrial components »[53]. Mais en janvier 1988, le C.A. d'ÉACL va plus loin en annonçant que le réacteur de 10 MW n'incorporera plus aucune capacité de recherche et sera strictement réservé à la production de radio-isotopes: « The Research Company is indicating it does not really need Maple X for research and suggests that the reactor should therefore be considered as a dedicated isotope producer »[54]. La Société de la recherche vient d'apprendre au C.A. que les estimés des coûts avoisinent à présent les 20 M$, montant qu'elle pourrait difficilement

---

[50] « AECL stops Maple's construction while it reviews reactor project », *The Globe and Mail*, 23 juillet 1987, p. B14.

[51] Mémo de K.D. Cotnam à D.J. Axford (membres du NSAC), « MAPLE-X10 Schedule and Key Issues », A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 17 novembre 1987, p. 1.

[52] Mémo de D.J. Axford à J.W. Logie (président du NSAC), « MAPE-X10 Key Issues », A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 19 novembre 1987, p. 1.

[53] « AECL stops Maple's construction while it reviews reactor project », *The Globe and Mail*, 23 juillet 1987, p. B14.

[54] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 22 janvier 1988, p. 3.

investir étant donné sa situation financière compliquée. Une solution qui permettrait de poursuivre le projet consisterait à impliquer la participation financière de la Société radiochimique, qui demeure après tout le premier bénéficiaire du projet MAPLE-X. ÉACL profite donc du contexte de sa privatisation en cours pour inclure dans la renégociation des ententes liant la Société de la recherche à sa branche des radio-isotopes, le transfert à cette dernière des coûts de la réalisation du projet. Le réacteur que l'on désigne à présent par l'acronyme MAPLE-X10, en raison de sa puissance fixée à 10 MW, sera ainsi financé par la branche commerciale des radio-isotopes d'ÉACL. Cela implique par contre d'abandonner la dimension R&D du réacteur, que la Société radiochimique n'a aucun intérêt à financer dans le cadre de ses activités commerciales.

Le gouvernement, et en particulier le Bureau de la privatisation et des affaires réglementaires (BPAR), peut difficilement s'opposer à la démarche d'ÉACL, puisque l'échec du projet MAPLE compliquerait considérablement la vente de la Société radiochimique. Marie-Paule Scott, haut-fonctionnaire du BPAR et présidente du groupe interministériel sur la privatisation, est informée de la situation dès le mois de septembre 1987, alors que les travaux sur le projet sont suspendus: « It is doubtful that a potential purchaser of RCC will consider AECL a reliable long-term supplier until its prototype MAPLE X is successfully commissioned [...] this is likely to reduce the price a prospective purchaser would be willing to pay for the RCC »[55]. En échange d'un droit d'exclusivité sur la production du réacteur, la Société radiochimique accepte donc, en avril 1988, de financer les coûts de construction du MAPLE-X10, jusqu'à hauteur de 20 M$. Le projet à présent proposé consiste en un réacteur d'une puissance de 10 MW, dédié uniquement à la production d'isotopes médicaux. En dépit de la diminution de la portée et de la taille du projet, la Société de la recherche prévoit encore une nouvelle augmentation des coûts en capital à 22.6 M$, alors que la nouvelle date de mise en

[55] Mémo de Stan McRoberts à Marie-Paul Scott, « Comments on RCC/MPD Privatization », RG 19, vol. 6780, dossier 6V, 11 septembre 1987, Annexe A, p. 2.

service du réacteur est désormais fixée au 30 septembre 1991[56]. Loin de l'optimisme affiché au début du projet, la requête de financement additionnel soumise par la Société de la recherche au C.A. d'ÉACL stipule que le réacteur n'est qu'un prototype et que les estimés préliminaires seront probablement sujets à augmentation: « there are always prototype and licensing risks and the probability and cost of these problems are extremely difficult to predict [...] there is a significant probability that a cost increase and schedule delay will be introduced by the licensing process »[57].

Pour ÉACL, le recentrage du projet MAPLE autour de la production des radio-isotopes ne signifie pas pour autant que son intérêt se limite uniquement à cette dimension. David Cuthbertson, vice-président aux affaires corporatives de la compagnie, déclare même durant une réunion de son C.A. que cette dimension est marginale par rapport à d'autres enjeux plus importants: « For AECL post-privatization the investment decision is only marginal if financial return from isotope production for RCC is the sole criterion »[58]. L'intérêt du MAPLE-X10 réside surtout dans le fait qu'il permettra d'arrêter le NRX définitivement, dans le cadre du programme de rationalisation des réacteurs d'ÉACL, d'accroître la disponibilité NRU pour les expériences de recherche et de démontrer la faisabilité du concept MAPLE. D'un point de vue commercial, ÉACL vient de signer un contrat en février avec l'agence nucléaire sud-coréenne KAERI pour la conception d'un MAPLE de 30 MW. Ce réacteur sera éventuellement construit en 1995 dans la ville de Daejun, à 140 kilomètres au sud de Séoul[59]. Des négociations sont également en cours avec le gouvernement de la

---

[56] Voir la chronologie du projet transmise par Bill Hancox (vice-président à la technologie et à la planification d'ÉACL) à Raymond Sabourin (ministère des Finances), RG 19, PRI 3300-N0002, 2007-00309-0, boîte 2, dossier 1 PB, 3 novembre 1993.

[57] *Ibid.*

[58] Voir la présentation de David Cuthbertson dans le procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 29 avril 1988.

[59] Ray Silver, « KAERI to build research reactor combining two Canadian designs », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 5, 4 février 1988, p. 5.

Colombie pour la livraison, clés en main, d'un réacteur SUGAR MAPLE d'une puissance de 1 MW qui comprenne des capacités de recherche et de production de radio-isotopes[60].

3.4.2 Les critères de sûreté dans la conception du MAPLE-X

La principale raison du retard pris par le projet, de ses dépassements de coût et des difficultés rencontrées dans la conception du réacteur MAPLE-X10 se situe au niveau de la définition de ses critères de sûreté. En effet, les ingénieurs d'ÉACL et les agents de la CCEA ont des points de vue divergents sur le type de critères à appliquer au réacteur MAPLE. Du côté d'ÉACL, on considère que la puissance du MAPLE-X, à présent abaissée à 10 MW, devrait permettre la définition de critères et de paramètres moins contraignants que ceux qui s'appliquent aux centrales électronucléaires de type CANDU, dont la puissance varie entre 600 et 800 MW. Des critères de sûreté moins restrictifs impliquent une conception simplifiée et, par conséquent, moins coûteuse des systèmes de sûreté du réacteur. Mais l'argument d'ÉACL est loin d'être partagé par les agents de la CCEA chargés de valider la conception du MAPLE-X10.

Les préoccupations de ces derniers sont résumées dans un document de travail rédigé P.M. French. Cet agent de la CCEA reconnaît que la plus faible puissance du MAPLE-X10 est une particularité à prendre en compte, mais pas au risque d'un relâchement les critères de sûreté définis pour les centrales électronucléaires. French rappelle également le manque d'expérience de son équipe dans un tel type de projet, puisqu'aucun critère clair n'existe pour des réacteurs dans la gamme de puissance du MAPLE: « Specific acceptance criteria for small reactors have not yet been established by the AECB »[61]. Cela est en partie dû au fait qu'il n'y a pas eu de « petits réacteurs »

---

[60] Ray Silver, « AECL working on four projects for MAPLE research reactors », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 50, 15 décembre 1988, p. 8.

[61] P.M. French (CCEA), « Discussion Paper on Key Issues Identified in Maple-X10 Concept », A-2015-00139, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 29 janvier 1988, p. 1.

construits au Canada, sous le mandat de la CCEA, depuis la mise en service d'un réacteur de recherche de type piscine à l'Université McMaster, construit il y a près de 30 ans. Quant aux réacteurs SLOWPOKE-2 mentionnés plus haut, leurs risques sont considérés comme étant bien inférieurs, avec une puissance ne dépassant pas les 20 kW, soit 500 fois moins que celle d'un MAPLE-X10[62]. De façon générale, French considère qu'une cohérence doit être conservée entre les réacteurs de type MAPLE et les centrales CANDU: « acceptance criteria proposed for MAPLE should not be inconsistent with those in effect for power reactors »[63]. En particulier, les doses de radioactivité maximales pouvant être reçues par un individu ou une population, en cas d'accident, ne devraient pas être supérieures à celles définies pour les réacteurs de puissance: « Higher dose reference levels for MAPLE than for power reactors would not be appropriate »[64]. ÉACL pourrait proposer des critères de doses moins élevées, au regard de l'inventaire plus faible des produits de fissions et de l'énergie contenus dans le combustible et le liquide caloporteur du MAPLE. Mais il faudrait considérer ces nouvelles spécifications avec prudence, car elles risqueraient de remettre en cause les doses définies pour les réacteurs de puissance actuellement en opération.

Ceci dit, la pertinence d'une adéquation totale entre les critères de sûreté de ces deux types de réacteurs aux caractéristiques et aux usages aussi différents se pose aussi. Par exemple, les doses maximales de référence utilisées dans le processus d'obtention du permis de la centrale nucléaire Darlington, opérée par Ontario-Hydro, s'appliquent uniquement à des personnes se trouvant à l'extérieur du site délimitant le périmètre de la centrale et ne concernent pas le personnel travaillant sur le site. Mais la définition de tels critères devient nécessaire pour le MAPLE, puisque ce dernier doit être construit sur le site des laboratoires de Chalk River, un emplacement géographiquement isolé,

---

[62] *Ibid.*

[63] *Ibid.*, p.2.

[64] *Ibid.*

comprenant une large zone d'exclusion, et qui concentre une population d'employés d'environ 2000 personnes. Il est donc indispensable que les normes conçues pour le MAPLE prennent pour critère limitatif la population qui se trouve sur le site et non pas celle qui se situe dans ses environs.

Un autre facteur incitant à agir avec prudence dans la définition des critères d'acceptation du MAPLE est qu'ils pourraient établir un précédent pour d'autres réacteurs, également de petite taille, mais aux finalités distinctes: « it would be desirable to ensure, to the extent practicable, that criteria developed for MAPLE be consistent with more general considerations for any small reactor, taking account of differences between reactor types and siting »[65]. De ce point de vue, il est intéressant de constater que la cohérence des normes de sûreté entre réacteurs de types et puissances différents ne pose pas uniquement de problèmes à ÉACL sur le projet MAPLE. La même question se pose pour le concept SLOWPOKE Energy System, réacteur de 10 MW sur lequel la Société de la recherche travaille simultanément au MAPLE-X10 et qui cible le marché du chauffage résidentiel. Ian Slater, qui a étudié l'histoire du développement technologique et commercial du concept SES, note ainsi que[66]:

> By 1988 it was clear to the [AECL] technical staff working on SES licensing that AECB requirements were moving towards large power reactor standards. The AECB had little experience in the licensing of small power reactors, so the tendency was to fall back upon what they did know, namely the CANDU model. The standards for large-scale power reactors like the CANDU were based on a few core concepts, a large exclusion zone around the reactor, redundant engineered safety systems, reactor containment, and full-time supervision of the reactor by qualified staff. The SES violated every one of these requirements.

La question de la cohérence des normes de sûreté entre les concepts MAPLE et CANDU apparaît également au niveau de la conception des deux systèmes d'arrêt

---

[65] *Ibid.*, p. 3.

[66] Ian Slater, *The Bungling Giant: Atomic Energy Canada Limited and Next-Generation Nuclear Technology, 1980-1994*, Thèse de doctorat, Université de Toronto, 2003, p. 320.

d'urgence (SAU) du réacteur. Dans le document CSAR, qui comprend les analyses techniques devant démontrer la dimension sécuritaire du concept, ÉACL développe un argumentaire voulant que l'indisponibilité simultanée des deux SAU soit un évènement à la probabilité si faible qu'il peut être exclu du « Design Basis », c'est-à-dire de la liste des évènements de référence pouvant conduire à un accident nucléaire dans le MAPLE. Pour les agents de la CCEA, cette décision a pour conséquence d'exclure de l'analyse certaines séquences d'accidents impliquant une défaillance des SAU et pouvant mener à un endommagement du cœur du réacteur. Cela est d'autant plus problématique que les deux SAU proposés par les ingénieurs d'ÉACL n'ont pas le même degré de diversité et d'indépendance que ceux qui avaient été acceptés pour les réacteurs CANDU.

De plus, l'ensemble des séquences d'évènements pouvant mener à des dommages au cœur du réacteur ne sont pas couvertes par chacun des deux SAU: « not all event sequences are covered by each shutdown system in the present MAPLE design [...] There are not two diverse trip parameters, wherever applicable, for each event sequence leading to possible core damage »[67]. Cette exigence est requise pour les réacteurs de puissance, mais dans le cas d'un réacteur de petite taille, P.M. French craint qu'une stricte application du critère ne soit pas nécessairement appropriée et peut-être même, pour certains types d'accidents, impossible: « For small reactors, however, a strict application of this requirement may not be appropriate and in some cases, perhaps not feasible »[68]. Il propose donc de repousser cette question à l'étape de l'approbation de la construction, « when detailed accident event sequences will be available »[69].

---

[67] P.M. French, *op. cit.*, p. 6.

[68] *Ibid.*

[69] *Ibid.*

Une dernière préoccupation pour les agents de la CCEA concerne les contraintes découlant du mode d'exploitation du MAPLE. Comme le réacteur est à présent uniquement dédié à la production en flux tendu de radio-isotopes, il y a un risque que des pressions soient appliquées par les opérateurs pour réduire ses temps d'arrêt. Par exemple, le rechargement des cibles d'uranium enrichi pour produire le Mo-99 se fait sur une base quotidienne, durant une période d'arrêt du réacteur qui doit être limitée à 30 minutes, pour éviter le phénomène dit d'« empoisonnement au xénon »[70]. La CCEA craint qu'un rechargement trop rapide ne se fasse au détriment des procédures de sécurité: « there would be substantial pressure on operators to refuel quickly and conservative, safe operating procedures might be susceptible to compromise »[71]. L'ampleur des problèmes à résoudre contraint la Société de la recherche à arrêter temporairement les travaux de construction, en mai 1988, le temps que soient complétées les analyses de sûreté nécessaires: « activity at the construction site next to the NRX reactor shouldn't be expected for some time yet [...] design work and safety analysis will be completed in the next few months »[72].

Dans le courant de l'année 1988, des modifications continuent à être apportées à des éléments fondamentaux du design, tel que le combustible du réacteur. Alors qu'il était initialement prévu d'utiliser un combustible composé de dioxyde d'uranium

---

[70] La fission dans le cœur d'un réacteur nucléaire produit de l'iode-135, dont la continuelle désintégration, avec une demi-vie de 6.7 heures, génère du xénon-135. Cet isotope se désintègre à son tour naturellement, avec une demi-vie de 9.4 heures, en plus de disparaître par capture de neutrons. La demi-vie du xénon-135 dans un réacteur en fonctionnement est donc souvent plus courte que celle de l'iode-135 et une concentration d'équilibre est atteinte au bout de 40 heures. Après l'arrêt du réacteur, l'iode-135 cesse d'être produit et il n'y a plus de disparition de xénon par capture de neutrons. La demi-vie du xénon redevient plus longue que celle de l'iode. Ceci mène à un accroissement de sa concentration (phénomène dit du pic xénon), qui est suivi par une chute lorsque la quantitié d'iode-135 devient insuffisante pour renouveler le xénon perdu par désintégration. Comme le xénon-135 est un fort absorbant de neutrons, le pic xénon correspond donc à une baisse du nombre de neutrons disponibles pour la fission: c'est le phénomène d'empoisonnement au xénon.

[71] P.M. French, *op. cit.*, p. 7.

[72] Ray Silver, « AECL to push isotope reactor », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 21, 26 mai 1988, p. 5.

(UO_2) enrichi à une hauteur de 5 à 8% en uranium-235, les ingénieurs d'ÉACL décident finalement d'opter pour alliage d'uranium, de silicium et d'aluminium (U_3Si-Al) enrichi à hauteur de 20%, une option qui optimiserait les flux neutroniques pour la production des radio-isotopes[73]. S'étant aussi penchés sur le concept de ventilation d'urgence appliqué au bâtiment du réacteur MAPLE, les agents de la CCEA concluent, en octobre 1988, que sa conformité demeure conditionnelle à une confirmation du respect des limites de doses radioactives reçues dans certains scénarios d'accident: « The Board staff conclusion was conditional on confirmation of the calculated dose consequences following some severe design basis accidents »[74]. Bien que conditionnelle, cette validation permet néanmoins à ÉACL de passer à l'étape suivante de l'approbation de la construction du réacteur, dont elle demande à la CCEA qu'elle soit divisée en 4 phases: les trois premières pour le bâtiment et la quatrième pour le réacteur et les différents systèmes qui lui sont associés. Alors que les trois premières phases sont validées par la CCEA à l'été 1989, la quatrième requiert quant à elle: « submission of the completed design and safety analysis by AECL and reconsideration by the Board »[75].

En mai 1989, alors que 75% du design est complété et que 80% des estimés ont déjà été reçus de la part des fournisseurs d'équipement et des contractuels, il devient évident que le budget et le calendrier fixés au printemps 1988 ne seront pas respectés[76]. En août, les nouveaux calculs d'estimés indiquent une augmentation des coûts en

---

[73] « Briefly...Canada », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 25, 23 juin 1988, p. 14. Pour une comparaison entre les configurations de cœur utilisant UO_2 et U_3Si-Al, voir H.J. Smith et al., « Selecting a MAPLE Research Reactor for 1-10 MW Operation », rapport AECL-9060, juin 1986.

[74] Voir le récapitulatif des étapes de la conception du réacteur dans le document de la CCEA, « Permis de construire la phase 4 du réacteur Maple-X10 aux Laboratoires de Chalk River », BMD 93-160, A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 14 septembre 1993, p. 2.

[75] *Ibid.*

[76] Voir le procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 29 septembre 1989, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 10.

capital du projet de 22.6 à 36.6 M$. La mise en ligne du réacteur n'est pas prévue avant mars 1992. Cette situation pousse Terry Rummery, fraîchement nommé à la tête de la Société de la recherche, à suspendre de nouveau l'ensemble des travaux courants sur le projet MAPLE-X, le temps de réévaluer les options financières d'ÉACL[77]. La décision de Rummery fait également écho à une revue de la politique nucléaire fédérale, initiée en septembre 1988 par le nouveau ministre de l'énergie Jake Epp. Celle-ci vise à accentuer la dimension commerciale d'ÉACL, la rationalisation de ses dépenses de R&D et le partage de son financement public avec les gouvernements des provinces, en particulier de l'Ontario[78]. Peut-être qu'elle constitue également une réaction à la décision du ministère des Finances, quelques mois plus tôt, de rejeter une requête d'Epp, voulant que les revenus de la privatisation de la Société radiochimique soient reversés à ÉACL[79]. Quelques semaines après la suspension du projet, Rummery explique au C.A. d'ÉACL que le MAPLE a pâti: « from inexperience in projecting costs and associated risks while it was at the conceptual stage »[80]. Sur la nature prototypique du réacteur et les incertitudes générées par les positions de la CCEA sur son aspect sécuritaire, Rummery avoue qu'en rétrospective: « it is clear that while these issues were identified their impact was not fully appreciated »[81].

Le projet ne pouvant demeurer suspendu indéfiniment, en septembre 1989, trois options s'offrent aux membres du C.A. d'ÉACL. La première consiste à mettre carrément un terme à la construction du réacteur et à se retirer du commerce des radio-

---

[77] Ray Silver, « Cost-consciousness of New Research Head Postponed MAPLE-X », *Nucleonics Week*, vol. 30, no. 37, 14 septembre 1989, p. 9.

[78] Doern, Dorman et Morrison, *op. cit.*, pp. 79-80.

[79] Document produit au ministère des Finances, « Atomic Energy of Canada Limited (AECL) Nuclear Policy Options », RG 19, vol. 6779, dossier 1V, 12 mars 1989, p. 5.

[80] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 29 septembre 1989, A-2016-00027, p. 10.

[81] *Ibid.*

isotopes[82]. Une seconde option, moins radicale, consiste tout de même à arrêter le projet, tout en maintenant à l'aide du réacteur NRU le rôle de fournisseur d'isotopes d'ÉACL. Cette solution l'oblige néanmoins à trouver des fournisseurs tiers à Nordion, car le NRX ne pourra continuer à tenir sa fonction de réacteur de réserve que pour quelques années, alors que l'entente commerciale liant ÉACL à Nordion s'achèvera, elle, en 2011. L'entente stipule par ailleurs que, dans l'éventualité où ÉACL ne serait pas en mesure de fournir son client en quantité suffisante de radio-isotopes, elle devrait endosser: « the incremental cost incurred by Nordion procuring such Isotopes from a third party »[83]. Finalement, la troisième option consiste à poursuivre le projet, malgré l'escalade des coûts, et à maintenir le rôle de producteur d'isotopes d'ÉACL.

Pour des raisons essentiellement économiques, le C.A. d'ÉACL choisit cette dernière option, les pénalités encourues en cas de rupture de contrat avec Nordion comportant un effet dissuasif: « the financial costs of choosing options 1 and 2 are in excess of those associated with option 3 »[84]. Les dirigeants d'ÉACL veulent toujours croire que la démonstration du concept MAPLE permettra de garder ouvertes les opportunités d'un éventuel marché des réacteurs de recherche. De plus, la poursuite du projet maintient la crédibilité d'ÉACL en tant que fournisseur d'installations nucléaires, au moment où aucun contrat de centrale électrique ne se profile à l'horizon. Finalement, la Société de la recherche espère que l'opération réussie du réacteur pourra plus tard l'aider à obtenir les fonds nécessaires au remplacement du NRU, prévu au tournant des années 2000: « Alternatives to continuing with the NRU reactor are also being evaluated. In particular, attention is being focused on a 50 MW advanced MAPLE concept, which builds on the technology being developed by AECL for the

---

[82] *Ibid.*, p. 11.

[83] « Share Purchase Agreement for the Sale by CDIC to 2713693 Canada Inc. of the Shares of Nordion International Inc. », A-2015-00584, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 1er novembre 1991, p. 7.

[84] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 29 septembre 1989, A-2016-00027, p. 11.

current MAPLE-X10 project »[85]. C'est dans ce contexte que se décide la poursuite du projet MAPLE-X10.

3.5 Le MAPLE-X10: projet commercial intégré au dispositif de R&D d'ÉACL

En août 1990, la direction d'ÉACL est informée de nouvelles difficultés rencontrées dans le processus d'obtention du permis d'exploitation auprès de la CCEA. Cette fois, un délai d'un an et 2 M$ supplémentaires seront nécessaires à l'achèvement du projet[86]. En parallèle, le volume de production des radio-isotopes dans le NRU connaît une croissance importante depuis le début de l'année. En effet, deux des principaux réacteurs de production dans le monde, DIDO en Angleterre et CINTICHEM aux États-Unis, ont dû subitement être fermés après que des failles eurent été identifiées dans leur fonctionnement. Pour ÉACL/Nordion, cela conduit mécaniquement à un accroissement de la demande pour certains radio-isotopes d'importance majeure, tels que le Mo-99, l'iode-125 ou l'iode-131. Comme le souligne J.B. Slater, gestionnaire du centre d'affaire des grandes installations de la Société de la recherche: « The production demands on AECL are now approximately 40% higher than envisioned in 1988 and are likely to remain so for the foreseeable future »[87]. La disparition de ces deux concurrents propulse Nordion dans une situation quasi-monopolistique, avec des parts de marché pouvant atteindre 90% sur certains radio-isotopes. Mais pour ÉACL, l'augmentation majeure du rythme de la production du NRU devient problématique pour deux raisons: premièrement, il en résulte une quantité

---

[85] J.B. Slater, « Rationalization and Future Planning for AECL's research Reactor Capability », in *Proceedings of the International Symposium on Research Reactor Safety, Operations and Modifications*, AECL-9926/ IAEA-SM-310, 23-27 octobre 1989, p. 1258.

[86] Chronologie Bill Hancox, RG 19, BAN 2007-00309-0, PRI 3300-N0002, boîte 2, dossier 1 PB, 3 novembre 1993.

[87] J.B. Slater (General Manager, Major Facilities Business Centre, Compagnie de la recherche), « The AECL Radioisotope Production and Service Operation », RG 19, PRI 3300-N0002, 2007-00309-0, boîte 2, dossier 1 PB, janvier 1991, p. 19.

de déchets radioactifs, issus principalement de la production du Mo-99, bien plus élevée que ce à quoi ses installations sont habituées: « There have been a further increase [...] for storing and processing large volumes of highly-active liquid arising from molybdenum-99 production »[88].

La question du coût de la gestion des déchets radioactifs devient alors importante dans le cadre du projet MAPLE-X10, puisque l'ajout de nouvelles installations de traitement est nécessaire si la Société de la recherche veut être en mesure de traiter l'ensemble des déchets qui seront produits par son futur réacteur. Il faut rappeler que, selon la pratique en vigueur depuis les débuts de la production des radio-isotopes, à la fin des années 1940, les coûts du stockage des déchets radioactifs générés dans les réacteurs NRU ou NRX ne sont pas facturés par ÉACL à la Société radiochimique: « because the handling of the wastes was included in all other wastes generated by or dealt with at Chalk River Laboratories »[89]. Les radio-isotopes sont considérés comme des sous-produits du programme de R&D, orienté vers le développement du CANDU, et les coûts de gestion des déchets radioactifs issus de cette activité ont historiquement été considérés comme virtuellement nuls.

Le deuxième souci que pose pour ÉACL l'augmentation de la production du Mo-99 est que la planification des activités du NRU devient de moins en moins flexible. Plus de temps doit être consacré au volet radio-isotopes, parfois au détriment de la mission première de recherche du réacteur, comme illustré plus loin dans ce chapitre. L'hégémonie soudaine de Nordion sur le marché mondial des radio-isotopes a pour conséquence d'accroître la pression déjà existante sur les installations de recherche vieillissantes de Chalk River, le NRU étant alors âgé de 31 ans et le NRX de 41 ans. Le projet MAPLE-X10 subit également le contrecoup de cette nouvelle donne

---

[88] J.B. Slater et D. Cuthbertson, « The AECL Radioisotope Production Operation over the Next Decade ». Dans le procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 30 novembre 1990, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 30 novembre 1990, pp. 2-3.

[89] J.B. Slater, *op. cit.*

commerciale et sa trajectoire ne peut être complètement comprise que si elle est analysée au prisme des évènements qui vont affecter les installations de recherche d'ÉACL et son dispositif de production de radio-isotopes.

3.5.1 Production du Mo-99 et coût du traitement des déchets radioactifs

À chaque étape du processus de production des radio-isotopes, des déchets radioactifs, de haute et faible activité, solides et liquides, sont créés: durant l'opération du réacteur NRU, lors du traitement requis pour le raffinement des radio-isotopes bruts sur le site de Chalk River et lors du traitement additionnel et du conditionnement effectués dans les installations de Nordion à Kanata. Les déchets générés sur ce site sont ensuite renvoyés à Chalk River pour y être stockés dans des espaces de gestion des déchets radioactifs. Les déchets solides de haute activité, tels que le combustible irradié du NRU, y sont déjà entreposés, dans l'attente qu'un site national d'enfouissement définitif soit construit sur le territoire canadien. Les déchets liquides de haute activité, issus en particulier de la production du Mo-99, nécessitent quant à eux un traitement différent, qui ne peut se confondre avec celui des barres de combustibles du NRU. Selon J.B. Slater, l'accroissement de la production de ce radio-isotope à Chalk River nécessiterait, dans un futur proche, un investissement significatif pour établir de nouvelles installations de traitement: « One of the major programs which will be implemented by the isotope operation over the next decade is facility construction for management of the highly-radioactive liquid wastes which arise from the production of molybdenum-99, the major revenue earner »[90].

La production de Mo-99 repose sur l'irradiation, dans le cœur du NRU, de barres d'uranium enrichi à hauteur de 93.5%. Ces barres sont par la suite dissoutes dans un acide et l'extraction de Mo-99 qui en découle donne lieu à la création de déchets

[90] J.B. Slater, *op. cit.*, p. 11.

liquides hautement radioactifs, mélanges de combustible non « brûlé », d'acide et de produits de fission de l'uranium. La procédure standard pour stocker ces déchets a longtemps consisté à les solidifier en les mélangeant dans du béton, puis à les entreposer dans une zone dédiée du site de Chalk River. Cette méthode de traitement s'est révélée insatisfaisante pour un certain nombre de raisons, la plus importantes étant que le béton ne convient pas pour un stockage à long terme. La Société de la recherche a donc décidé d'accumuler ces déchets dans des réservoirs spéciaux, en attendant le développement d'un dispositif de stockage plus adéquat. Un premier réservoir, appelé PRIAM-P1[91], est ainsi construit et utilisé à partir de 1985. Anticipant l'augmentation continue des déchets résultant de la production du Mo-99, le plan d'une nouvelle installation, PRIAM-P5, est élaboré en 1986. Son but est de solidifier les déchets radioactifs liquides, grâce à un procédé de vitrification, en minimisant la quantité de déchets résiduels devant être stockée. PRIAM-P5 doit également permettre de maximiser la récupération de radio-isotopes et de combustible non brûlé, que les précédents procédés de traitement ne permettaient pas de recycler. Quant aux produits de fissions de l'uranium, ils doivent être solidifiés pour être ensuite entreposés dans des espaces intérimaires, avant leur stockage définitif.

Au début de l'année 1991, PRIAMP-5 est toujours au stade de la conception et ÉACL ne prévoit pas son entrée en service avant 1998. Pour stocker les déchets supplémentaires résultant de l'augmentation de la production de Mo-99, deux réservoirs intérimaires (PRIAM-P2 et PRIAM-P3) doivent être construits, en plus d'un ensemble d'interconnexions (PRIAM-P4) qui réalise la liaison entre les trois premiers réservoirs et l'installation de traitement PRIAM-P5. La nécessité de construire ces installations est réelle puisqu'en octobre 1991, ÉACL sollicite de la part de la CCEA une autorisation de faire évaporer une certaine quantité d'eau dans son réservoir PRIAM-P1 afin d'en augmenter le volume disponible et étendre sa durée de vie: « An

[91] PRIAM est l'acronyme de: Plant for Recovery and Immobilization of Active Materials.

amendment to the site licence was issued [...] to allow AECL to evaporate excess water from the Fissile Solution Storage Tank to extend its service life (PRIAM1) ». Le coût total des cinq installations est estimé par ÉACL à un montant variant entre 67 et 92 M$ (Figure 3.3). La dépense s'étalerait de 1991 à 1997 et serait consacrée en majeure partie, entre 54 et 77 M$, à la construction de PRIAM-P5[92]. L'imprécision des estimés témoigne une nouvelle fois de la difficulté qu'éprouve ÉACL à anticiper les coûts futurs de ses grands projets, problème dont l'entreprise est parfaitement consciente: « This uncertainty arises from the prototypical nature of the plant, a lack of previous experience in Canada for this type of plant, and only a conceptual design available for costing purposes »[93].

[92] Slater, *op. cit.*, p. 17.

[93] *Ibid.*, p. 15.

CAPITAL INVESTMENT PROGRAM
TO THE YEAR 2000

FACILITIES TO SECURE PRODUCTION RELIABILITY OR REPLACE OBSOLETE EQUIPMENT

		ESTIMATED COST ($ MILLION)
1.	MAPLE-X10	25.7 - 30.2
2.	NRX/MAPLE EFS CONNECTION	1.7 - 3.3
3.	MAPLE-X10 ISOTOPE EQUIPMENT	1.3 - 1.6
4.	NRU I-125 FACILITY	0.5 - 0.6
5.	ADDITIONAL MOLY PROCESSING FACILITY	1.2 - 2.2
6.	MOLY TARGET FABRICATION EQUIPMENT FOR RECYCLED HEU	4.3 - 8.2
7.	REPLACEMENT EQUIPMENT	4.5 - 4.5

FACILITIES FOR MOLY LIQUID WASTE STORAGE AND PROCESSING

8.	PRIAM P1 (FISST-1) UPGRADE	1.4 - 1.8
9.	PRIAM P2/P3	11.3 - 13.9
10.	PRIAM P4/P5	54.7 - 76.4
OVERALL TOTAL		106.6 - 142.7
TOTAL WITHOUT ITEMS 1 AND 2		79.2 - 109.2

Notes

1. Estimates in dollars of the year.
2. The $20 million contribution by Nordion towards the cost of MAPLE-X10 is not included in the above table.
3. The MAPLE-X10 estimate excludes $6.4 million of costs incurred prior to 1988.
4. The MAPLE-X10 cost range was re-estimated in 1989 September.

Figure 3.3 Programme d'investissement de la Société de la recherche dans ses installations de production de radio-isotopes

Le coût des réservoirs PRIAM est déjà considérablement plus élevé que celui qui avait été estimé dans le passé. Premièrement, des ajustements ont dû être apportés à la conception des installations PRIAM-P2/P3, suite au retour d'expérience sur l'exploitation du réservoir PRIAM-P1. Celle-ci a révélé d'importantes déficiences qui ont amené les ingénieurs d'ÉACL à élargir la portée du travail à accomplir sur les deux autres réservoirs: « Examples of changes in scope are more extensive instrumentation,

improved confinment measures, and the use of a hot cell for liquid handling and measurements rather than a much cheaper glove-box »[94]. Deuxièmement, la nature prototypique des installations empêche les planificateurs d'ÉACL de produire des estimés fiables, d'autant que c'est la première fois qu'une telle installation est construite au Canada: « there is no prior experience in Canada in designing and constructing this type of facility, and some of the needed technology is not available in Canada »[95]. Une partie du budget a bien été consacrée à la couverture d'une éventuelle escalade des coûts, mais ÉACL n'écarte pas la possibilité que ceux-ci puissent doubler par rapport aux premiers estimés réalisés en 1986. L'expérience courante avec le projet MAPLE-X10, dont le budget est passé de 10 à 28 M$ en l'espace de 4 ans, incite par ailleurs à la prudence: « Experience with recent projects (e.g. MAPLE-X10) has revealed that significantly more project management is required for prototypical facilities »[96].

Un troisième facteur explique les difficultés rencontrées par ÉACL dans la planification budgétaire de ses grands projets. La réglementation sécuritaire et environnementale ainsi que l'attribution des permis d'exploitation par la CCEA suivent des processus de plus en plus exigeants et complexes: « The licensing process required by the AECB and other environmental agencies has become more time-consuming and onerous and there have been significant efforts required for safety and environmental analysis and licensing »[97]. Jusqu'au milieu des années 1980, un seul niveau d'approbation est requis pour obtenir un permis d'exploitation de la part de la CCEA. L'évaluation est essentiellement réalisée sous l'égide du NSAC, comité composé d'experts d'ÉACL et d'observateurs de la CCEA, dont nous avons déjà évoqué les

---

[94] Annexe 1 du rapport de J.B. Slater, « Estimates of Capital Costs for Future Facilities », p. 1.

[95] *Ibid*, p. 2.

[96] *Ibid.*

[97] *Ibid.*

activités dans le cadre du projet MAPLE-X10. À présent, ce sont deux niveaux d'approbation qui sont exigés: celui du NSAC dans un premier temps, puis celui des commissaires de la CCEA dans une évaluation séparée. Comme le note J.B. Slater, ce processus de validation séquentiel introduit des changements importants dans la manière de planifier et d'assigner du personnel à un projet. Dans le cas des installations PRIAM, des changements dans la réglementation environnementale ont eu un impact direct sur les exigences de conception, par exemple l'établissement de normes plus restrictives relativement aux rejets atmosphériques générés par l'installation. Une élévation du niveau d'exigence découlant de la mise en place de nouvelles procédures d'assurance-qualité a également causé des augmentations de coûts importantes: la quantité de rapports et de desseins techniques nécessaires à la validation conceptuelle des installations a augmenté de 20%, nécessitant près de 30% d'heures de travail supplémentaires[98].

Finalement, ÉACL prévoit que PRIAM-P5 servira désormais à traiter non seulement les déchets radioactifs du MAPLE-X10, mais aussi ceux qui proviendront des activités de R&D de ses laboratoires, en particulier du NRU. De son point de vue, cette décision est justifiée car la taille et les caractéristiques de l'installation à construire sont essentiellement déterminées par les procédés de traitement des déchets résultants de la production des radio-isotopes. Le volume de déchets provenant de la production des radio-isotopes constitue, selon les estimés de la Société de la recherche, 80% du total des déchets produits sur le site de Chalk River, 65% de ce volume provenant de la production de Mo-99 et 19% du Co-60[99]:

> The capital costs of the PRIAM facilities will be treated as part of the isotope operation, although wastes of non-isotope origin will also be processed through the PRIAM-P5 facility. One reason for this is that the nature and size of the PRIAM-P5 facility is determined by the type of wastes from Mo-99 processing,

[98] *Ibid.*, p. 3.

[99] J.B. Slater, *op. cit.*, p. 17.

particularly the need to extract unburnt highly enriched uranium (for economic and safeguards reasons) in addition to the actual vitrification process.

3.5.2 La défaillance du NRU et ses conséquences

À la fin de l'année 1990, le retrait inattendu de la production des radio-isotopes des réacteurs américains et britanniques permet à Nordion de s'accaparer près de 85% des parts du marché mondial du Mo-99. Paradoxalement pour ÉACL, plus le succès commercial de Nordion s'accroît, plus la gestion de ses installations de recherche devient compliquée à organiser. L'augmentation de la cadence de production du Mo-99, conjuguée à l'exploitation du réacteur pour la recherche, font peser sur le NRU une pression qui ne demeure pas longtemps sans conséquences. En effet, en janvier 1991, ÉACL se voit contrainte de mettre son réacteur à l'arrêt pour une durée indéterminée, à la suite d'un bris dans une conduite de son système de refroidissement. Cet incident force la Société de la recherche à effectuer des réparations durant toute l'année 1991, le réacteur ne reprenant du service qu'au milieu du mois de décembre. Entre temps, c'est au NRX de reprendre du service afin d'assurer la continuité de la production des radio-isotopes.

En août 1991, la situation du NRU finit par dépasser le seul cadre des préoccupations de la Société de la recherche et commence à faire l'objet d'interrogations de la part de l'entreprise MDS Health, qui est en voie de finaliser avec la Compagnie de développement et d'investissement du Canada (CDIC) l'achat de Nordion. Dans une lettre adressée à son homologue de la CDIC, le président de MDS Health, W.G. Lewitt, s'inquiète de l'allongement des délais de remise en service du NRU et de la dépendance de Nordion au seul réacteur NRX qui en résulte[100]. Il se dit également préoccupé par la capacité d'ÉACL à fournir un approvisionnement stable en radio-isotopes, facteur essentiel à la rentabilité des opérations de l'entreprise qu'il

[100] Lettre de W.G. Lewitt (président de MDS Health) à Ward Pitfield (vice-président exécutif de la CDIC), RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 23 août 1991.

désire acquérir. De la situation du NRU découlent également plusieurs questions qui renvoient toutes à la fragilité du système de production de radio-isotopes d'ÉACL: la date du 27 novembre 1991, pour laquelle un retour en service du NRU est prévu, est-elle réaliste ou faudra-t-il envisager des délais supplémentaires? La question se pose, puisqu'ÉACL avait déjà annoncé la fin des réparations pour le mois de septembre, avant que le gouvernement ne reçoive les offres finales d'achat pour Nordion, puis s'était ensuite ravisé, devant l'ampleur des travaux et inspections à effectuer.

Plusieurs autres interrogations demeurent, qui risquent de compromettre l'intérêt de MDS Health pour Nordion: une fois réparé, pendant combien de temps le NRU sera-t-il encore en mesure d'assumer la pleine production des radio-isotopes, avant l'entrée en service du MAPLE-X10? À quelle date exacte ÉACL pense-t-elle être capable de faire fonctionner ce dernier? Lorsque le MAPLE deviendra le principal réacteur de production, le NRU pourra-t-il tenir le rôle de réacteur de réserve, comme le fait actuellement le NRX, et ce pour tout le temps que durera l'entente commerciale liant ÉACL et Nordion? Toutes ces questions témoignent de l'incertitude planant sur le futur de la production des radio-isotopes d'ÉACL, qui ne repose pour l'instant que sur la fiabilité du réacteur NRX. Les réponses que fait parvenir le président d'ÉACL, Stanley Hatcher, à la CDIC, ne garantissent en rien la capacité ni le désir de son entreprise de conserver son rôle central et à long terme sur le marché du Mo-99. Ainsi, la date du 27 novembre ne demeure aux yeux de Hatcher qu'une projection qu'ÉACL essaie d'atteindre au meilleur de ses capacités. Aucune garantie ne peut être fournie, puisque la Société de la recherche évoque encore l'existence d'un risque de report à janvier 1992[101]. Hatcher insiste sur le fait que le NRU est un réacteur qui a été conçu y a plus de 40 ans, « before today's rigorous quality assurance programs were conceived

[101] Risque indiqué dans le mémo de F. Gorbet à J. McDermid (ministre des Finances), « Nordion Holdback », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 26 septembre 1991, p. 1.

»[102], signifiant par-là que les exigences de sûreté devant être remplies préalablement au redémarrage du réacteur ont évolué. Ils sont à présent bien plus contraignants et ne correspondent parfois plus aux paramètres de conception du réacteur qui datent des années 1950.

Concernant un engagement d'ÉACL à ce que le NRU devienne le réacteur de réserve à la production du MAPLE-X10, Hatcher se montre encore plus sceptique. En effet, aucune assurance ne peut être apportée au fait que le NRU puisse fonctionner jusqu'en 2011, puisque, théoriquement, il aura à ce moment-là été en opération depuis 55 ans. Il n'existe pas dans le monde d'exemple de réacteur ayant fonctionné pendant une aussi longue période et il serait présomptueux, voire imprudent de la part d'ÉACL, de spéculer sur l'atteinte d'un tel objectif. Du point de vue de Hatcher, la disponibilité du NRU comme réacteur de soutien au MAPLE-X10 dépend de sa performance continue et du coût de son maintien en service. En réalité les ingénieurs de Chalk River estiment déjà que des améliorations aux systèmes de sûreté du NRU seraient « hautement désirables », si l'on voulait étendre son opération ne serait-ce que jusqu'à l'an 2000. Le vice-président aux opérations de la Société de la recherche, M.G. Wright, évalue le coût des travaux nécessaires à un montant de 30 M$: « this should allow us to operate NRU within the envelope of the predetermined safety criteria till about the turn of the Century »[103]. Finalement, la prudence est également de mise en ce qui concerne la date de mise en service du MAPLE-X10. Ici, l'aspect prototypique du réacteur est une nouvelle fois mis de l'avant par Hatcher: « It is indeed true that the schedule for MAPLE-X10 has slipped, but such delays are not uncommon in prototypical projects, particularly those that face rigorous regulatory approvals »[104].

---

[102] Lettre de S. Hatcher à W. Pitfield, RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 26 août 1991, p. 1.

[103] M.G. Wright, « AECL Research – Status Report to the AECB », A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, BMD 92-210A, 10 décembre 1992, pp. 2-3.

[104] Lettre de S. Hatcher à W. Pitfield, *op. cit.*, p. 2.

En octobre 1991, alors que le contrat pour l'achat de Nordion est toujours en cours de négociation avec la CDIC, MDS Health pose cette fois la question de la fiabilité du NRX, seul réacteur en fonctionnement à Chalk River depuis l'arrêt du NRU. S'il venait lui aussi à subir un accident, cela signifierait que Nordion n'aurait à sa disposition plus aucune source au Canada pour se fournir en Mo-99. Dans une telle situation, les éventuelles pertes nettes encourues par Nordion sont évaluées à près de 2.5 M$ par mois[105]. Le président de MDS Health, W.G. Lewitt, argue auprès de la CDIC que le prolongement des délais pour ramener le NRU en service constituait un risque qui n'était pas connu par son entreprise au moment où elle avait soumissionné sur l'offre d'achat de Nordion[106]. Le problème que pose l'indisponibilité NRU en est un de long terme, puisque rien ne garantit à MDS Health la présence d'un réacteur de soutien au MAPLE-X10, une fois que ce dernier aura été mis en service. Lewitt doit admettre que les termes de l'entente commerciale protègent bien ÉACL de ce point de vue. En effet, il est bien stipulé que le NRU ne pourra être utilisé comme réacteur d'appoint au MAPLE-X10, qu'aussi longtemps qu'ÉACL pourra le garder opérationnel pour réaliser des expériences de recherche ou pour toute autre fonction autre que la production des radio-isotopes[107]. Cela revient à dire que rien n'obligerait ÉACL à poursuivre l'exploitation du NRU comme réacteur de soutien à la production du MAPLE-X10, si par ailleurs elle décidait d'arrêter de l'utiliser dans le cadre de son programme de R&D.

---

[105] Mémo de F. Gorbet à J. McDermid, « Nordion Holdback », *op. cit.*, p. 2.

[106] Aide-mémoire adressé à John McDermid (ministre des Finances), « Privatization of Nordion – Indemnity », RG 19, BAN 2007-00307-4, PRI 3525-N0002, boîte 13, dossier 2CA, 3 octobre 1991.

[107] « Share Purchase Agreement for the Sale by CDIC to 2713693 Canada Inc. of the Shares of Nordion International Inc. », A-2015-00584, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 1er novembre 1991, pp. 5-6.

Stanley Hatcher confirme également au président de MDS Health qu'ÉACL ne peut garantir la disponibilité d'un autre réacteur de réserve après l'arrêt du NRU[108]. Nordion serait donc libre de nouer des accords commerciaux avec d'autres fournisseurs, si ÉACL ne garantirait plus la présence d'un réacteur de soutien au MAPLE-X10, ceci en autant que: « the terms of the revenue sharing agreement are not in any way put into jeopardy, including the mutual exclusivity of the primary source »[109]. De son côté, Lewitt demande à ce que si ÉACL décidait de construire un nouveau réacteur de recherche pour remplacer le NRU, celui-ci puisse produire des radio-isotopes afin de conserver une source d'appoint au MAPLE-X10[110]. Cette requête parait légitime d'un point de vue commercial, dans la mesure où même lorsque le NRX a pris la relève du NRU, ÉACL n'a pas été en mesure de fournir l'intégralité de la production nécessaire pour répondre à la demande du marché et que cela s'est traduit en pertes financières pour Nordion[111]:

> The shut-down of AECL's NRU reactor at Chalk River, coupled with the shut-down of various other isotope-producing reactors around the world, has resulted in the Corporation not having adequate inventory levels of certain products to meet customer demand. The major products affected are carbon-14, nickel-63, iodine-125 and iridium-192. These supply shortfalls have contributed to sales being below the Corporation's plan by about $2 million for the nine months ended September 30, 1991, or about $1 million in pre-tax income.

Compte tenu de l'absence de garanties sur la fiabilité de la production d'ÉACL, MDS Health pense être en droit d'obtenir une indemnisation financière de la part du gouvernement, dans l'éventualité où le NRX tomberait en panne avant le retour en

---

[108] Lettre de S. Hatcher à W.G. Lewitt, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 18 octobre 1991, p. 1.

[109] *Ibid.*

[110] Lettre de W.G. Lewitt à S. Hatcher, RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 9 octobre 1991, p. 2.

[111] « Share Purchase Agreement for the Sale by CDIC to 2713693 Canada Inc. of the Shares of Nordion International Inc. », *op. cit.*, section 4.7.1.

service du NRU. La CDIC et MDS finissent par négocier une entente comprenant une indemnité de 5 M$ par semaine, pour les trois premières semaines d'une éventuelle indisponibilité simultanée du NRX et du NRU. Si les deux réacteurs demeuraient hors service au-delà de ces trois semaines, MDS recevrait 5 M$ par semaine durant deux semaines additionnelles. Les indemnités totales payées par le gouvernement seraient ainsi limitées à 25 M$, aucune indemnisation n'étant prévue si l'interruption de l'approvisionnement s'étendait au-delà des cinq premières semaines[112].

Une fois réglée la question de l'indemnisation relative à une éventuelle panne du NRX, la CDIC et MDS Health s'engagent, au début du mois de novembre, dans une ronde finale de négociations pour la privatisation de Nordion. Le dernier obstacle à la vente demeure l'absence d'une clause garantissant la présence d'un réacteur de réserve au MAPLE-X10, après l'arrêt définitif du NRU au tournant du millénaire. La CDIC craint que ce problème ne dissuade MDS Health de conclure la transaction: « CDIC believes that Mr. Lewitt has a continuing concern particularly regarding the lack of an on-going back-up to MAPLE-X but is uncertain whether it may prevent MDS from closing »[113]. ÉACL n'a pas encore décidé de la construction d'un nouveau réacteur de recherche pour remplacer le NRU, mais les premiers calculs comptables produits par la Société de la recherche estiment son éventuel coût à un montant variant entre 150 et 200 M$. Le doter d'une capacité de production de radio-isotopes augmenterait ce montant de 15 à 20 M$[114]. MDS Health se dit prête à couvrir 50% des premiers 4 M$ nécessaires à cet ajout. Cependant, l'offre est conditionnelle à ce qu'ÉACL s'engage à

---

[112] Aide-mémoire à John McDermid, « Privatization of Nordion – Indemnity », *op. cit.*

[113] Mémo de F. Gorbet à J. McDermid, « Sale of Nordion. Meeting with President of MDS », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 29 octobre 1991, p. 2.

[114] Mémo de F. Gorbet à J. McDermid, « Nordion Sale », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 6 novembre 1991, p. 1.

couvrir les frais additionnels jusqu'à hauteur de 12 M$[115]. Au-delà de cette somme, si aucun compromis sur le financement excédentaire n'était atteint entre les deux parties, ÉACL ne serait plus obligée de modifier son réacteur de recherche. ÉACL n'y voit pas d'inconvénient, mais considère que c'est au gouvernement de verser les 12 M$. Pressé de conclure la vente de Nordion au plus vite, le ministère des Finances donne son accord à la requête d'ÉACL, le 8 novembre 1991[116]. Le jour même, Nordion est officiellement cédée par la CDIC à MDS Health.

3.5.3 Après la défaillance du NRU, celle du NRX

Après avoir fonctionné en relai du NRU durant 42 semaines consécutives, entre janvier et décembre 1991, le NRX tombe à son tour en panne, en janvier 1992. Replacé en mode « Hot Standby » après le retour en service du NRU, le réacteur de soutien doit être soumis à un arrêt forcé pour des réparations d'urgence, n'ayant probablement pas soutenu la cadence d'une opération à laquelle il n'avait plus été soumis depuis 1986. En effet, sur cette période de cinq ans, le NRX n'était utilisé que: « for only one 8-hour period per week for maintenance of the reactor neutron source and for operator training »[117], et occasionnellement en relève du NRU lors de périodes d'arrêts planifiés. Cette fois, le NRX est rendu inopérable suite à la détection de fuites élevées d'hélium et le blocage de trois barres du système d'arrêt d'urgence. À ces deux incidents s'ajoutent d'autres problèmes de sûreté qui sont soulevés par les ingénieurs d'ÉACL après l'arrêt du réacteur: « several safety concerns were identified regarding the ability to shut down

---

[115] Mémo de F. Gorbet à J. McDermid, « Nordion Sale », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 7 novembre 1991, pp. 1-2.

[116] Lettre de J. McDermid à J. Epp, RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 8 novembre 1991.

[117] Document CCEA, « Sommaire général des opérations aux laboratoires de Chalk River et aux laboratoires de Whiteshell », RG 60, BMD 91-198, BMD 91-179/91-201, accès 1993-94/093, boîte 31, 22 octobre 1991, p. 1.

NRX safely in the event of a large loss of coolant. Although such an event would be unlikely, AECL Research staff believes that it would be imprudent to operate the reactor in its current state »[118]. À l'instar de ce qui s'était produit pour le NRU, les réparations du NRX se prolongent durant plusieurs mois, générant des coûts qu'ÉACL a de plus en plus de mal à couvrir, étant donné la situation financière précaire dans laquelle l'ont plongée la privatisation de Nordion, la chute de ses revenus sur le marché électronucléaire et les coupures du gouvernement fédéral dans son budget de R&D.

Alors que le fonctionnement des réacteurs de recherche d'ÉACL devient de moins en moins fiable, le volume et la demande de production de radio-isotopes continuent de croître, au point de causer du tort au volet R&D de l'entreprise. Ainsi, en octobre 1992, les dirigeants de la Société de la recherche doivent choisir entre l'utilisation du NRU pour produire des radio-isotopes ou pour réaliser des expériences financées par un consortium de 16 pays conduits par la Commission américaine de réglementation nucléaire: « There is a conflict between two opposing activities for the NRU reactor: radioisotope production for Nordion and a prior commitment to conduct a severe fuel damage experiment [...] The latter test was scheduled over a year ago but was deferred because NRU was shut down for repair and then because NRU was needed for isotope production »[119]. ÉACL craint qu'un report supplémentaire de ces expériences ne finisse par nuire à ses finances et sa réputation scientifique et commerciale, puisqu'elle les réalise à titre contractuel pour le compte du consortium. Mais donner priorité à la recherche nécessiterait une mobilisation complète du NRU pendant dix jours, période où la production de radio-isotopes serait complètement interrompue. Là aussi, ÉACL risque de s'exposer à des pénalités de la part de MDS Nordion, ainsi qu'à des pressions émanant de la communauté internationale de la

---

[118] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 23 octobre 1992, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 23 octobre 1992, p. 6.

[119] *Ibid.*

médecine nucléaire, en cas d'interruption prolongée de l'approvisionnement, une mauvaise publicité dont l'entreprise se passerait bien: « international public concern would probably be directed at AECL with demands for Federal government involvement by Nordion and the international medical community »[120]. Après avoir réussi à réduire la portée des expériences à une période de cinq jours, le président de la Société de la recherche se voit finalement contraint de demander une extension supplémentaire de 6 mois au délai déjà consenti par le consortium[121].

En janvier 1993, le C.A. d'ÉACL décrit l'implication de l'entreprise dans la production des radio-isotopes pour le compte de MDS Nordion comme étant: « the largest issue facing the Corporation »[122]. À court et à moyen terme, des fonds sont nécessaires pour la réalisation de trois opérations coûteuses et aux issues incertaines: la finalisation du projet MAPLE-X10, la construction des nouvelles installations de gestion et de stockage des déchets radioactifs et le rétablissement du réacteur NRX. Ces coûts vont bien au-delà des capacités financières d'ÉACL, d'autant plus que cette dernière souffre d'un important manque de liquidités. La Société de la recherche se voit, en particulier, contrainte d'appliquer un contrôle strict sur ses dépenses de R&D et, dans certains cas, procéder à des réductions d'effectifs: « Staff and other cost reduction action is being taken by AECL Research, principally in R&D support areas, to lessen the impact of the isotope cash drain »[123]. En cours depuis un an, les travaux de réparations du NRX sont à présent estimés à de 29.5 M$. Le réacteur ne peut être opéré de façon sécuritaire sans que ne soient apportées à son infrastructure des

---

[120] *Ibid.*

[121] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 23 avril 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 8.

[122] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 22 janvier 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 5.

[123] *Ibid.*, p. 6.

améliorations significatives. Celles-ci ne permettraient de le faire fonctionner en mode « Hot Standby » que jusqu'en décembre 1995, nouvelle date prévue d'entrée en opération du MAPLE-X10. Mais la capacité des ingénieurs d'ÉACL à remettre le NRX en marche est elle-même remise en question. En effet, le vice-président aux opérations de la Société de la recherche, Mike Wright, n'écarte pas la possibilité qu'une inspection du réacteur ne mette à jour un nouvel obstacle à la poursuite des travaux ou que la CCEA refuse de délivrer une licence d'exploitation, si elle considère insuffisantes les garanties de sûretés fournies par ÉACL[124].

Au mois de février, ce que le C.A. d'ÉACL désigne désormais comme « the isotope problem » est une nouvelle fois jugé trop onéreux. La présence d'ÉACL sur le marché mondial des radio-isotopes se traduirait nécessairement par des pertes financières, notamment parce qu'aucune provision n'a été prévue pour le déclassement du MAPLE-X10, sa dépréciation lors de son exploitation, ainsi que la dépréciation des installations de gestion des déchets radioactifs[125]. ÉACL a également évalué la probabilité de compléter les réparations du NRX avant l'entrée en opération du MAPLE-X10. Mike Wright annonce au C.A. qu'il ne peut en toute bonne foi affirmer que l'exploitation du NRX pourra se faire dans le respect des normes de sécurité nucléaire. Il ne peut notamment pas donner l'assurance qu'en cas d'accident, les rejets radioactifs aux travailleurs du site, voire même au-delà, ne dépassent pas les limites réglementaires établies par la CCEA.

Même si ÉACL a raisonnablement confiance en sa capacité à réparer les systèmes d'arrêts d'urgence du NRX et les ramener à un état comparable à celui des années précédant sa défaillance, plusieurs problèmes témoignant du vieillissement et de l'usure du réacteur demeurent à régler: « the ongoing aging, wear and corrosion of

---

[124] *Ibid.*, p. 9.

[125] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 26 février 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 5.

process system components, many of which cannot be inspected, significantly increased the probability of failures which could lead to radioactive releases »[126]. La conclusion de Wright est alors sans appel: « The judgement of operations management was that continued operation of NRX, even if the proposed Restart Program were successfully completed, would not be prudent »[127]. Le 29 mars 1993, ÉACL avertit Nordion que « le réacteur NRX, utilisé depuis plus de 46 ans, sera fermé en permanence parce qu'[elle] ne peut plus garantir la sécurité de son exploitation »[128]. Elle invoque des causes qui échappent à son contrôle, ce qui relativement à l'obligation d'ÉACL de maintenir le réacteur NRX en mode « Hot Stand-by » constitue un cas de force majeur. Dans la foulée, ÉACL informe Nordion qu'elle fait face à des problèmes financiers majeurs dans sa branche des radio-isotopes et qu'une renégociation de l'entente commerciale devient absolument nécessaire pour la viabilité de ses opérations.

3.6 La fin du projet MAPLE-X10

Lorsque le C.A. d'EACL avait approuvé la poursuite du projet MAPLE-X10, en septembre 1989, la Société de la recherche espérait pouvoir faire fonctionner le réacteur dès mars 1992. La construction du bâtiment du réacteur est achevée une première fois au printemps 1991. Le 6 juin de la même année, les commissaires de la CCEA autorisent même l'installation de certains systèmes et équipements, même si ses agents notent que le rythme de construction précéde trop la production des analyses de conception et de sûreté du réacteur, une situation risquant d'aboutir à une « installation insatisfaisante »[129]. De fait, au mois de juillet, Chalk River informe les agents de la

---

[126] *Ibid.*, p. 8.

[127] *Ibid.*

[128] Voir le mémo de David Dodge à Gilles Loiselle (ministre des Finances), RG 19, 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 16 juillet 1993, p. 2.

[129] Document CCEA, « Renouvellement des permis d'exploitation de la société de la recherche d'EACL », BMD 91-196, RG 60, accès 1993-94/093, BMD 91-179/91-201, boîte 31, 7 novembre 1991, p. 4.

CCEA que l'utilisation d'un programme informatique permettant une modélisation plus fine de certains phénomènes thermo-hydrauliques indique la violation d'un critère de sûreté lors d'une simulation d'accident[130]:

> The MAPLE-X10 team was forced to regroup when an advanced version of the thermalhydraulics code CATHENA (developed by AECL Research) showed that under certain very low probability accident conditions, fuel failures were predicted. AECL responded by adding a new passive auxiliary cooling system which is an integral part of the primary cooling system, and heavy-water dump capability for the reflector tank. These new features have been retrofitted into the MAPLE-X10 design and are being evaluated in postulated accident scenarios using CATHENA and the associated physics codes.

Cette fois, l'avis des agents de la CCEA est plus sévère. Ces derniers considèrent en effet que l'identification d'un tel problème, à un stade aussi avancé du projet, démontre des carences importantes « in AECL's organization of the reactor design function »[131]. ÉACL doit également faire face à une question, soulevée par les agents de la CCEA en 1988, concernant le manque de diversité des systèmes d'arrêt du réacteur. Il faut en effet s'assurer que l'éventuelle défaillance de l'un des deux SAU ne remette pas en cause l'efficacité de l'autre. La solution proposée par les ingénieurs d'ÉACL consiste à incorporer au réacteur deux systèmes au fonctionnement indépendant: « one reactor shutdown system inserts a set of three hafnium absorbers that are normally held poised above the core by hydraulic cylinders. A second independent system initiates a partial dump of the heavy-water reflector and overrides control-system action to insert the other set of three hafnium control-system absorbers »[132]. Mais rien ne garantit que les agents de la CCEA approuvent ce plan. La date de mise en service du réacteur est une nouvelle fois reportée à octobre 1994.

---

[130] Document CCEA, M.G. Wright, « AECL Research – Status Report to the AECB », BMD 92-210A, A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 10 décembre 1992, p. 2.

[131] Document CCEA, BMD 91-196, *op. cit.*

[132] R.F. Lidstone, « The Evolution of Canadian Research Reactors: 1942 to 1992 », Rapport AECL-10760, janvier 1993, p. 9.

La planification du projet continue de souffrir des modifications qui ne cessent d'être apportées à la conception du MAPLE-X10 et des dépassements de coûts qui en découlent. Le volet « radio-isotopes » des activités de la Société de la recherche n'en finit pas, lui non-plus, de poser des problèmes à ÉACL, car celle-ci doit verser l'intégralité des revenus de la privatisation de Nordion au gouvernement, avant le 31 mars 1992, une action qui réduit ses fonds propres de 220 à 12.4 M$. Cette situation est jugée inacceptable par le C.A. d'ÉACL, puisqu'une telle chute de la valeur des fonds propres de l'entreprise serait forcément interprétée par ses actuels et potentiels clients comme un signe alarmant de faiblesse financière. En guise de riposte, le C.A. décide en janvier 1992 de retenir une somme de 97 M$ sur le versement intégral dont il doit s'acquitter auprès du Fond de revenu consolidé, et ce jusqu'à ce qu'une solution soit négociée avec le gouvernement. Un accord est alors trouvé avant la fin de l'année fiscale entre ÉACL, le ministère des Finances et le Conseil du trésor. Mais il ne constitue selon les Finances qu'« un exercice comptable »[133] où ÉACL s'engage à verser au gouvernement le dividende obtenu de la vente de Nordion, en échange d'un renoncement de ce dernier à recevoir le produit des ventes d'eau lourde réalisées par ÉACL, jusqu'à hauteur du même montant. Il est reconnu que cet accord ne constitue qu'une solution très temporaire aux problèmes financiers d'ÉACL[134]:

> The proposed Heavy Water arrangement is designed as a temporary solution, and its objective is to mitigate the impact of the Nordion dividend payment on AECL's equity during the 1991-92 fiscal year. This agreement would not necessarily be the permanent solution to AECL's equity problem but rather an indication of good faith from the government that AECL's capital structure will be seriously reviewed in the coming months.

---

[133] Mémo de R. Sabourin à D. Patriquin (Finances), RG 19, vol. 6781, dossier 10 V, 6 juillet 1992, p. 2.

[134] Mémo de F.W. Gorbet à Don Mazankowski (ministre des Finances), « Payment of the Nordion Sale Proceeds to the Federal Government, Heavy Water Relief and AECL's Deconsolidation », RG 19, vol. 6781, dossier 10V, 26 mars 1992, p. 3.

En juin 1992, le ministre de l'ÉMR, Jake Epp, confie la présidence d'ÉACL à Bruce Howe, auparavant sous-ministre à l'ÉMR et proche du Premier ministre Brian Mulroney[135]. Le nouveau président souhaite incorporer au plus vite la branche d'ingénierie d'ÉACL, responsable du développement et de la commercialisation du CANDU, ce qui permettrait une prise de participation à son capital par une entreprise privée. Howe songe en particulier à SNC Lavalin. Le deuxième objectif de son mandat est d'« évaluer la pertinence des activités commerciales reliées à la production d'isotopes radioactifs et ses besoins futurs en capital et en fonds propres »[136]. La question de la production des radio-isotopes englobe plusieurs aspects: le projet MAPLE-X10, la situation du NRX, la question de la gestion des déchets radioactifs et la relation contractuelle qui lie ÉACL et Nordion. Elle est présentée, en septembre, par Howe à son C.A. comme étant: « the single most important issue facing the Corporation beyond the CANDU reactor business »[137].

C'est dans ce contexte, et suite à l'arrêt définitif du NRX en mars 1993, qu'ÉACL tente de relancer des discussions avec Nordion pour réévaluer les termes de l'entente commerciale liant les deux entreprises. Le 23 avril, son C.A. approuve un « plan pour la résolution des problèmes financiers relatifs à la question des radio-isotopes »[138]. L'objectif est d'obtenir une formule commerciale viable pour les deux parties, qui ne remette pas en cause la possibilité pour ÉACL de mettre fin à l'entente. Le 25 mai, la direction d'ÉACL informe MDS Health que, dans l'éventualité où elle ne pourrait « recouvrer ses coûts et générer un rendement commercial acceptable, elle n'aurait d'autres alternatives que de limiter au minimum ses activités dans la

---

[135] « Epp replaces top management of AECL with Paikin and Howe », *Nucleonics Week*, vol. 33, no. 23, 4 juin 1992, p. 15.

[136] Mémo de R. Sabourin à D. Patriquin, RG 19, vol. 6781, dossier 10 V, 6 juillet 1992, p. 2.

[137] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 25 septembre 1992, p. 6.

[138] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 23 avril 1993, *Ibid.*, p. 8

production des radio-isotopes » et, éventuellement, « se retirer complètement de ce secteur d'activité »[139]. En réaction à l'arrêt du NRX, MDS Health affirme de son côté qu'« une composante majeure de la vente de Nordion par le gouvernement était la garantie tacite de la disponibilité en tout temps d'un réacteur d'appoint de radio-isotopes »[140]. Nordion estime également que l'absence d'un tel réacteur risquerait de lui faire perdre sa crédibilité commerciale et sa réputation de distributeur fiable de radio-isotopes. Finalement, elle argue qu'aucune solution ne peut être envisagée sans la participation du gouvernement aux discussions, allant jusqu'à évoquer la possibilité de réclamer le remboursement d'une partie, voire de l'intégralité, des 165 M$ qu'elle avait déboursés pour l'achat de la SR.

Quelques semaines après avoir annoncé l'abandon des travaux sur le NRX, le président de la Société de la recherche, Terry Rummery, confirme au C.A. d'ÉACL que l'objectif d'achever la construction du MAPLE-X10 comporte toujours un risque financier considérable: « There is still considerable risk in the completion of MAPLE-X [...] further design changes to meet licensing requirements could drive up the cost and increase the projected timing to completion »[141]. En effet, les coûts en capitaux du projet ont augmenté d'environ 65 M$ depuis la privatisation de la SR et sont à présent estimés à 105 M$ si l'on prend en compte les installations PRIAM. Ce montant parait astronomique si l'on se rappelle qu'ÉACL estimait, en 1986, pouvoir compléter le projet pour un coût inférieur à 10 M$.

En mai, le président d'ÉACL Bruce Howe informe son vis-à-vis, W.G. Lewitt, que son entreprise ne peut continuer à engloutir dans le projet MAPLE-X10 des fonds qu'elle ne pourra recouvrir à travers sa production de radio-isotopes. Howe ajoute

---

[139] Mémo de David Dodge à Gilles Loiselle, *Ibid.*

[140] *Ibid.*

[141] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 23 avril 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 8.

qu'ÉACL n'a aucune obligation contractuelle de poursuivre le projet[142]. Cette affirmation s'appuie sur deux opinions fournies par des conseillers légaux lui assurant qu'aucune garantie n'a été fournie à MDS Health ou à Nordion relativement à l'achèvement de la construction du MAPLE-X10. Sur ce point précis, MDS en appelle à la responsabilité du gouvernement qui, selon elle, s'était indirectement engagé à couvrir les investissements futurs d'ÉACL dans le secteur des radio-isotopes, et en particulier les coûts additionnels de construction du MAPLE-X, puisque « celui-ci n'a pas permis à ÉACL de modifier, avant la privatisation, l'entente entre ÉACL et Nordion concernant l'approvisionnement en radio-isotopes »[143].

À travers les échanges qui se poursuivent durant l'été, ÉACL cherche de son côté à convaincre Nordion d'augmenter ses prix de vente de radio-isotopes. Elle voudrait en particulier augmenter le prix du transfert du Mo-99 de la Société de la recherche à Nordion de 100%[144]. C'est la seule solution qui éviterait à la branche des radio-isotopes de la Société de la recherche d'éponger des déficits récurrents, alors estimés à 15 M$ par année[145]. Par ailleurs, suite à une évaluation du marché des radio-isotopes, ÉACL considère que: « Nordion pourrait augmenter considérablement les prix des isotopes afin de générer les fonds nécessaires pour couvrir les coûts futurs d'ÉACL »[146]. L'entreprise publique constate également que le Canada ne constitue qu'une très faible part du marché mondial des radio-isotopes, avec seulement 3% de la

---

[142] Fait évoqué dans la lettre de B. Howe à W.G. Lewitt, RG 19, 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 2 septembre 1993, p. 1.

[143] Mémo de D. Dodge à G. Loiselle, *op. cit.*, p. 3.

[144] Voir la lettre de W.G. Lewitt à B. Howe, RG 19, 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 9 septembre 1993, p. 1.

[145] « AECL-Nordion/MDS Dispute. Communication Plan », RG 19, 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 1, dossier 2V, 28 juillet 1993, p. 3.

[146] Mémo de David Dodge à Gilles Loiselle, *op. cit.*

consommation. Les clients majeurs de Nordion se trouvent aux États-Unis, en Europe et au Japon.

Ainsi, en acceptant d'essuyer des pertes sur sa production, afin que Nordion puisse maintenir des prix plus bas que ce que ne voudrait un marché réellement concurrentiel, ÉACL subventionne la consommation en radio-isotopes du reste du monde. Solliciter plus d'argent auprès du gouvernement pour financer son activité de producteur de radio-isotope reviendrait donc à financer indirectement les systèmes de santé des pays clients de Nordion. Celle-ci prétend, de son côté, qu'une augmentation des prix remettrait en cause des contrats d'approvisionnement à long terme qu'elle a déjà signés avec plusieurs clients et signalerait à ses concurrents une possibilité d'entrer sur le marché du Mo-99 qu'elle contrôle en très grande partie. Par exemple, un des principaux clients de Nordion, l'américain Mallinckrodt, envisage de démarrer sa propre production en 1994. D'autres fournisseurs, en particulier la Commission sud-africaine d'énergie atomique, tentent également de pénétrer le marché des radio-isotopes, risquant fort de réduire les parts de marché de Nordion dans l'avenir.

Au mois de juin, le C.A. d'ÉACL décide de suspendre un certain nombre d'activités en cours sur le projet MAPLE-X10 jusqu'en septembre 1993, moment où la décision concernant la poursuite du projet devrait être prise[147]. Les discussions qui se tiennent au cours de l'été entre les deux parties débouchent sur une impasse. Le 13 juillet, ÉACL décide de soumettre une demande de renvoi à l'arbitrage, procédure relevant de la loi sur l'arbitrage commercial, afin de faire établir que la fermeture du NRX a été causée par « un évènement de force majeur ». L'usage de cette expression n'est pas fortuit, puisqu'il renvoie à des termes employés dans le texte de l'entente commerciale entre ÉACL et Nordion. Il y est en effet spécifié qu'aucune des deux parties ne peut contrevenir aux termes définissant l'entente contractuelle, sauf dans le

[147] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 18 juin 1993, p. 6.

cas où elle aurait été exposée à un évènement de force majeure, défini comme étant: « a cause beyond its reasonable control ». Il peut s'agir d'évènements aussi divers qu'une catastrophe naturelle, une décision du gouvernement d'interrompre la production, un incendie ou un acte de sabotage[148].

En voulant faire établir que la fermeture du NRX relève d'un cas de force majeure, ÉACL cherche à faire légalement reconnaître que son incapacité à assurer une opération sécuritaire du réacteur découle d'évènements sur lesquels elle n'avait pas d'emprise. ÉACL s'exonérerait ainsi de son obligation contractuelle de maintenir le NRX en mode « Hot Standby », sans qu'elle n'en soit pénalisée financièrement[149]. Une décision favorable à ÉACL aurait de graves répercussions sur Nordion. En effet, l'entente stipule que si, à la suite d'un évènement de force majeure, l'une des deux parties est dans l'incapacité de remplir une obligation du contrat et que cette situation perdure durant au moins 180 jours sans qu'il n'ait été convenu d'une solution alternative, alors l'une ou l'autre des deux parties peut décider de mettre un terme à l'entente[150]. Le 4 août, Nordion soumet à son tour une demande de renvoi à l'arbitrage visant à faire établir qu'ÉACL a l'obligation de lui fournir des radio-isotopes jusqu'au terme des 23 ans de contrat liant les deux parties. Elle veut également faire établir qu'un éventuel arrêt du NRX ne signifie nullement qu'ÉACL a le droit de se retirer de l'entente et que l'achèvement du réacteur MAPLE-X10 est une disposition au moins implicite de l'entente commerciale[151].

---

[148] « Isotope Supply and Revenue Sharing Agreement », RG 19, BAN 2014-00484-6, 3300-N0002, boîte 2, dossier 1PA, 30 septembre 1988, p. 21.

[149] *Ibid.*, p. 5.

[150] *Ibid.*, p. 22.

[151] Chronologie du projet transmise par B. Hancox à R. Sabourin, RG 19, PRI 3300-N0002, 2007-00309-0, boîte 2, dossier 1 PB, 3 novembre 1993.

Au mois de septembre 1993, le MAPLE-X10 doit traverser une étape cruciale de sa validation conceptuelle. En effet, la CCEA doit se prononcer sur la phase 4 de la demande d'obtention du permis de construction du réacteur. Trois mois auparavant, ÉACL avait soumis une demande d'« approbation hâtive », prétextant son obligation de respecter ses échéances contractuelles avec Nordion. Elle avait ainsi émis le souhait que la décision de la CCEA puisse être rendue avant la fin du mois de septembre. Les cinq commissaires de la CCEA jugent qu'une revue détaillée des analyses de sûreté du MAPLE-X10 prendra du temps et qu'elle sera difficile à réaliser à l'intérieur de l'échéancier proposé. Cependant, ils se disent prêt à accorder leur approbation, si ÉACL est en mesure de proposer une solution satisfaisante aux plus importants problèmes de conception et de sûreté qui ont été soulevés par ses agents, sans que cela n'ait d'impact sur les systèmes ou composantes du réacteur qui ont déjà été construits ou installés: « AECB staff must have reasonable assurance that following their detailed review of the safety analysis, there would not be a requirement for design changes that would result in significant modifications to systems or components that have been procured or constructed »[152].

Le 14 septembre, les directions de la réglementation des réacteurs et de l'analyse et l'évaluation de la CCEA présentent aux commissaires leurs observations et recommandations. Un premier grief d'importance adressé à ÉACL est d'ordre général et concerne la méthodologie de sûreté appliquée à la conception du réacteur, en particulier les écarts qui ont pu être constatés avec l'approche utilisée dans les projets de centrales nucléaires de haute puissance: « AECB staff reviewed the methodology proposed by AECL and identified several significant issues. These centered on the question of whether power reactor safety analysis rules were applicable

[152] Document CCEA, « AECB Internal Meeting on MX10 Safety Analysis », A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 24 juin 1993, p.1.

to a low power reactor like MAPLE »[153]. Par ailleurs, une revue des accidents de référence réalisée par les agents de la CCEA a laissé apparaître un doute sur l'efficacité du premier SAU du réacteur et de ses trois barres d'absorption de réactivité. Étant donné l'usage extensif prévu du MAPLE-X0 pour la production des radio-isotopes, sa conception requiert de prendre en considération des changements de combustible fréquents, pouvant atteindre un rythme hebdomadaire.

Une erreur de rechargement pourrait résulter en une augmentation trop importante de la réactivité, qui se traduirait à son tour par un excédent de puissance risquant d'endommager le cœur du réacteur. Dans ce cas de figure, deux des trois barres de hafnium composant le premier SAU doivent être en mesure d'absorber l'excès de réactivité et faire baisser la puissance du réacteur. Les agents de la CCEA doutent que ce critère puisse être rempli, dans l'hypothèse où l'excès de réactivité serait causé par certains évènements découlant d'une perte du système de régulation du réacteur. Une manière de contourner le problème consisterait à placer cet évènement hors des accidents de dimensionnement de la centrale[154]. Cela reviendrait à établir la faible probabilité que l'évènement ne survienne, ce qui permettrait de l'exclure de la liste des accidents de référence que les systèmes de sûreté du réacteur doivent couvrir. Mais pour cela, la CCEA exige qu'ÉACL lui fournisse la preuve que les conséquences de l'évènement ne mènent pas à des situations jugées inacceptables du point de vue de la sûreté.

---

[153] Document CCEA, « Permis de construire la phase 4 du réacteur Maple-X10 aux Laboratoires de Chalk River », BMD 93-160, A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 14 septembre 1993, p. 6.

[154] Selon les règlements de la CCEA: « Un accident de dimensionnement est un accident contre lequel une centrale nucléaire est conçue sur la base de critères de conception établis et pour lequel les dommages causés au combustible et le rejet de matières radioactives sont maintenus à l'intérieur des limites autorisées ». Voir le document de la CCEA: REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs: Centrales nucléaires*, mai 2014, p. 27. Disponible sur le site de la Commission canadienne de sûreté nucléaire: http://nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads_fre/REGDOC-2-5-2-Design-of-Reactor-Facilities-Nuclear-Power-Plants-fra.pdf, consulté le 15 février 2017.

La conception du bâtiment du réacteur fait également l'objet d'une attention particulière de la part des agents de la CCEA. Ces derniers s'interrogent sur sa robustesse et en particulier sur sa capacité à confiner les rejets radioactifs découlant d'un accident qui impliquerait le blocage du débit d'un canal du réacteur. Considéré par ÉACL comme le seul évènement pouvant mener à une défaillance du combustible, ce scénario d'accident a été le principal élément étudié par les agents de la CCEA pour déterminer l'acceptabilité de la conception du bâtiment du réacteur. Le concept de ventilation d'urgence du bâtiment a aussi été examiné, à travers le calcul des doses prédites aux employés du site de Chalk River et aux habitants des lieux résidentiels environnants. Si la CCEA ne considère pas les doses calculées par ÉACL comme étant « inacceptables », elle observe cependant la présence d'importantes incertitudes dans les hypothèses utilisées pour calculer l'étendue des dommages au combustible du réacteur, le volume et la composition isotopique des rejets radioactifs ainsi que leur dispersion dans l'atmosphère. La prise en compte et l'addition de marges d'erreur plus élevées pourrait mener à une réévaluation à la hausse de la quantité de doses rejetée au public, ce qui nécessiterait de revoir une nouvelle fois la conception du bâtiment réacteur: « if uncertainties in the assumptions could lead to substantially higher postulated doses, improved reactor building design and operating procedures could be required »[155].

En conclusion de leur évaluation du concept MAPLE-X10, les agents de la CCEA estiment que les questions relatives à la marge de réactivité du premier système d'arrêt du réacteur et à la conception du bâtiment réacteur doivent être réglées, avant qu'ÉACL ne puisse recevoir l'approbation du permis de construction: « We have concluded that those issues impacting design must be resolved before a positive recommendation for Stage 4 Construction Approval can be made »[156]. Leur jugement

[155] Document CCEA, BMD 93-160, *op. cit.*, p. 7.

[156] *Ibid.*, p. 8.

est renforcé par le fait qu'ÉACL a soumis une quantité importante de documents techniques durant les derniers mois, qui n'ont toujours pas été examinés. Des documents supplémentaires sont encore attendus par la CCEA et des discussions continuent à se tenir entre les deux parties.

À peine un mois après avoir rendu un premier avis défavorable, et malgré l'ampleur du travail qui reste à accomplir sur le concept MAPLE-X10, les agents de la CCEA décident de renverser leur jugement et recommandent finalement l'approbation de la quatrième phase de construction du réacteur[157]. En préambule de leur décision, ils rappellent pourtant que le document qu'ils avaient soumis aux commissaires en septembre « fait état de plusieurs problèmes qui auraient pu avoir des répercussions au plan technique et qui devraient être réglés avant qu'une recommandation ne puisse être faite, notamment: la marge de réactivité du système de sûreté numéro un, et la conception du bâtiment réacteur »[158]. Mais ÉACL s'étant entre temps engagée à apporter des modifications techniques et opérationnelles pour corriger ces deux situations, les agents sont à présent d'avis que les mesures proposées « sont acceptables en principe et que les problèmes relevés ne constituent plus un empêchement à l'approbation de construire »[159]. Concernant le système d'arrêt du réacteur, ÉACL propose des mesures de protections opérationnelles supplémentaires, notamment l'ajout d'une procédure d'inspection additionnelle pour vérifier le rechargement du combustible. La CCEA considère cette proposition acceptable en principe uniquement, puisque les détails de la procédure devront être confirmés lors de l'obtention de la licence d'opération du réacteur, étape suivant celle du permis de construction.

---

[157] Document CCEA, « Permis de construire la phase 4 du réacteur Maple-X10 aux Laboratoires de Chalk River », BMD 93-188, A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 19 octobre 1993.

[158] *Ibid.*, p. 1.

[159] *Ibid.*

Pour le bâtiment du réacteur, ÉACL s'est engagée à améliorer certains paramètres de conception: l'ajout de doubles portes et l'amélioration du scellage à chaque entrée du hall du bâtiment, l'adoption de mesures pour minimiser les fuites en cas de perte de la ventilation ou le contrôle à distance des sources d'approvisionnement en air ou en gaz à l'intérieur du hall. Ces modifications doivent diminuer significativement les incertitudes sur le calcul et les mesures des rejets radioactifs en dehors du bâtiment. Une nouvelle fois, les détails complets et les spécifications d'ingénierie n'ont pas encore été fournies par ÉACL, mais puisque leur ajout n'affecte que la construction du bâtiment, les agents de la CCEA considèrent qu'ils pourront être incorporés parallèlement à la construction du réacteur. Finalement, deux problèmes de sûreté supplémentaires sont pointés. Le premier concerne l'efficacité des systèmes de sûreté dans les scénarios de bris de conduites transportant l'eau légère du réacteur. Le second renvoie à la couverture des paramètres de déclenchement, dont les agents de la CCEA n'ont pas eu le temps d'examiner l'ensemble de la documentation soumise par ÉACL: « Trip coverage has been identified as an issue at this time since AECB staff have not had sufficient time to review of the relevant submissions and supporting documentation »[160]. Cependant, il est une nouvelle fois jugé que ces problèmes pourront être résolus à des étapes ultérieures du projet, car l'on ne s'attend pas à ce qu'ils aient un impact significatif sur la phase de construction.

Il est impossible d'établir avec exactitude dans quelle mesure l'augmentation de la cadence de production des radio-isotopes à Chalk River, le conflit commercial larvé entre ÉACL et Nordion ainsi que la fermeture du NRX ont pu influencer la recommandation des agents la CCEA. Mais ces derniers ont bien pris en considération dans leur mémoire du mois de septembre qu'ÉACL demandait « une approbation hâtive afin de respecter ses échéanciers d'approvisionnement de radio-isotopes à des fins médicales [...] cet approvisionnement [étant] à l'heure actuelle assuré uniquement par

[160] *Ibid.*, p. 3.

le réacteur NRU »[161]. Il reste que le C.A. d'ÉACL interprète la recommandation favorable des agents de la CCEA comme une approbation du concept fondamental du MAPLE au Canada et une ratification en principe de cette technologie. Il considère également que, désormais, rien dans l'entente commerciale ne l'oblige à construire effectivement le MAPLE-X10. En effet, dès lors que la production des radio-isotopes n'était pas viable financièrement, la validation conceptuelle du MAPLE demeurait, pour ÉACL, le seul incitatif à poursuivre ses dépenses sur le projet. À présent que l'objectif est atteint, il n'y a, pour l'instant, plus aucune raison de continuer à aller de l'avant: « it was resolved that AECL not proceed further with the MAPLE-X10 project, and management take all necessary actions to promptly cease all expenditures »[162].

En réaction, MDS Health entreprend, le 25 octobre, devant la haute cour de justice de l'Ontario, une action à l'encontre d'ÉACL, de la CDIC et du ministère de la Justice du Canada. Le plaignant exige qu'ÉACL produise une déclaration écrite qui la contraigne à construire le MAPLE-X10 et que le gouvernement fédéral et la CDIC fournissent les garanties financières nécessaires à l'achèvement du projet. Dans l'éventualité d'un refus, MDS Health demande que le contrat établissant la privatisation de Nordion soit annulé, que les 165 M$ reçus par le gouvernement en contrepartie lui soient retournés, et que ce montant soit accompagné d'un dédommagement de 300 M$ pour le préjudice subi[163]. De son côté, la Société de la recherche d'ÉACL confirme la décision prise par son C.A, en retirant sa demande de permis de construction auprès de la CCEA, non sans s'être auparavant assurée que les registres du régulateur indiquent bien que ses agents ont présenté une recommandation

---

[161] Document CCEA, BMD 93-160, *op. cit.*, p. 1.

[162] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 29 octobre 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 5.

[163] Ray Silver, « Battle over isotope production costs threatens AECL's MAPLE-X10 », *Nucleonics Week,* vol. 34, no. 46, 18 novembre 1993, p. 8.

positive à ce sujet[164]. La résolution du conflit entre ÉACL et Nordion nécessitera l'intervention du gouvernement fédéral, dont un nouveau Conseil des ministres, Libéral et avec à sa tête Jean Chrétien, vient d'être élu en novembre 1993.

3.7 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de restituer la trajectoire du projet MAPLE-X, qui a défini par la suite l'essentiel des caractéristiques technologiques des réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2. Le réacteur MAPLE-X10, même s'il perd finalement son principal caractère distinctif, à savoir la versatilité des usages, ne cesse pour autant pas de porter en lui plusieurs finalités. En effet, il vise simultanément le marché des réacteurs de recherche pour les pays en voie de développement, la production de radio-isotopes pour MDS Nordion, le recentrage du réacteur NRU sur les activités de R&D et la fermeture du NRX. C'est un réacteur de démonstration devant consacrer la validité d'une technologie et, en même temps, un réacteur de production commerciale. Le projet subit, entre 1985 et 1993, plusieurs interruptions, contretemps et reculs caractéristiques des trajectoires erratiques des grands projets technologiques. C'est que la nature prototypique du réacteur pousse ses concepteurs, à mesure que les calculs se raffinent, que le design se stabilise et que les ressources s'amenuisent, à réévaluer d'importants paramètres de conception, à l'image du bâtiment-réacteur, de la puissance de sortie ou des systèmes d'arrêt d'urgence. Les dirigeants d'ÉACL passent rapidement de la confiance en la maîtrise des éléments techniques du projet à un discours de prudence mettant volontiers en avant son caractère contingent, surtout lorsqu'il s'agit de justifier les dépassements de coûts. À côté des contingences techniques et économiques, l'autre source majeure d'incertitude réside dans l'absence de critères de sûreté clairement définis pour un réacteur, dit « de petite taille », tel que le MAPLE-X10. Les discussions entre agents de la CCEA et ingénieurs d'ÉACL indiquent que les paramètres devant

[164] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 26 novembre 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 3.

consacrer la validité du concept ne résultent pas forcément du respect de normes rigides préétablies, mais sont le résultat d'un processus de négociation et d'adaptation graduel du concept à la norme, voire même de la norme au concept, lorsque celle-ci n'est pas clairement définie.

La trajectoire du projet MAPLE-X10 ne peut être totalement comprise qu'en explicitant la relation qui existe entre la R&D nucléaire et la production des radio-isotopes à Chalk River. Cette relation couvre une dimension économique, puisqu'aux dépenses du projet MAPLE, il faut ajouter le coût des futures installations de traitement et de stockage des déchets radioactifs et celui de la réparation et de la maintenance des réacteurs NRU et NRX. Cette relation est aussi structurelle, puisque les deux activités partagent les mêmes installations physiques. Le projet MAPLE-X est en effet pleinement intégré dans une stratégie plus large de gestion des installations de R&D de Chalk River. La planification du fonctionnement des deux autres réacteurs perd en flexibilité à mesure qu'il prend du retard, car en parallèle, le rythme de la production des radio-isotopes ne cesse de croître. Au final, la production des radio-isotopes, historiquement considérée comme une activité complémentaire à la R&D, finit par en monopoliser les principales ressources. Face au vieillissement des installations de recherche, en particulier du NRX qui n'est plus habitué aux cadences d'opération soutenues, et au manque de fonds publics pour garantir leur maintenance ou leur réparation, la rentabilité de la production des radio-isotopes devient un objectif difficilement atteignable. Ce n'est que sous la contrainte de termes contractuels défavorables, fixés en partie par le gouvernement pour faciliter la vente de Nordion, qu'ÉACL garde son rôle de producteur. En somme, non seulement le volet « radio-isotopes » empiète-t-il sur le volet « recherche », mais il le fait, de surcroît, au prix de pertes financières importantes.

Rétrospectivement, il est intéressant de constater que les éléments déclencheurs de la 'crise des isotopes', entre 2007 et 2010, se trouvent en germe dans le projet MAPLE-X10, presque 20 ans auparavant: premièrement, l'incertitude pesant sur la

conception du réacteur se manifeste ici dans les différentes réserves émises par les agents de la CCEA sur l'efficacité des systèmes de sûreté et du bâtiment-réacteur et apparaîtra plus tard dans la question du coefficient de puissance de réactivité du réacteur. Le deuxième élément consiste en la fragilité du système de production des radio-isotopes. Celle-ci se traduit, durant le projet MAPLE-X10, par la saturation des installations de stockage des déchets, les pannes successives du NRU et du NRX. Plus tard, elle se manifestera dans les défaillances répétées du NRU, ce qui en l'absence d'un réacteur de réserve, amènera la situation de 'crise'. Le troisième élément renvoie à la relation conflictuelle entre ÉACL et MDS Nordion et les contraintes imposées à ÉACL par les termes du contrat commercial liant les deux entreprises. Celles-ci s'expriment à travers deux aspects: l'absence de rentabilité commerciale pour ÉACL et la pression qu'exerce la production du Mo-99 sur le fonctionnement de ses installations de R&D. Les chapitres suivants s'attardent justement, à travers l'analyse de la réactivation du projet MAPLE et de son déroulement subséquent, à la résurgence de ces éléments, sous des formes différentes, mais avec des conséquences similaires.

CHAPITRE IV - DU MAPLE-X10 AU MMIR: REPRISE ET PREMIERS DÉVELOPPEMENTS D'UN 'NOUVEAU' GPT (1993-2003)

4.1 Introduction

Annoncé par ÉACL en octobre 1993, l'arrêt des travaux de construction du réacteur MAPLE-X10 ne signifie pas pour autant l'abandon définitif du projet. Il marque plutôt le début de longues négociations visant à en redéfinir les termes et les objectifs, auxquelles participent ÉACL, MDS Nordion, le ministère des Ressources naturelles (MRN) et celui des Finances. Après avoir été suspendu pendant 30 mois, le chantier est réactivé en juillet 1996 et comprend désormais deux réacteurs plutôt qu'un, ainsi que des installations de traitement des radio-isotopes et de stockage des déchets radioactifs. Dès lors, les échanges et les correspondances entourant le projet font moins souvent référence au MAPLE qu'au MMIR (MDS Medical Isotope Reactors) qui inclut ces trois nouvelles installations majeures. Le présent chapitre rend compte de la transition du MAPLE-X10 au MMIR et traite par la suite des incidents techniques qui émaillent les premières années de ce nouveau GPT. Il se divise en trois parties. Dans les deux premières sont examinées les retombées politiques de l'abandon du projet MAPLE-X10 et les circonstances qui conduisent à sa réactivation sous une forme augmentée. La troisième partie traite des débuts compliqués du projet MMIR, entre 1997 et 2002, et en analyse les causes.

La première partie explique les raisons pour lesquelles l'action en justice intentée par MDS Nordion à l'encontre d'ÉACL se mue en des négociations hors-cours entre la société d'État et son ancienne filiale privatisée. Le rôle de médiateur, puis d'intervenant direct, du gouvernement fédéral, en particulier des ministères des Ressources naturelles et des Finances, est mis en exergue. Il illustre une nouvelle fois l'interventionnisme étatique dans les affaires d'ÉACL et la réduction substantielle de la marge de manœuvre de cette dernière dans la conduite de ses affaires stratégiques.

Sont également exposées les circonstances qui mènent à l'atteinte d'une entente entre les parties impliquées et qui font passer le projet d'un seul réacteur à deux, en plus d'installation de traitement et de stockage des déchets issus de la production des MAPLE. Les négociations accouchent d'un projet qui a considérablement changé d'envergure et d'un échéancier serré auquel ÉACL doit se tenir pour éviter le risque d'interruption de la production de Mo-99 dans ses anciennes installations. En effet, le NRU est désormais le seul réacteur de production en activité à Chalk River depuis la fermeture du NRX. Il doit être mis à l'arrêt au début de l'année 2000, après 43 ans d'opération, tout comme son réservoir de stockage des déchets radioactifs qui approche de son seuil de remplissage critique.

Du fait de la position monopolistique occupée par MDS Nordion sur le marché mondial du Mo-99, la seconde partie du chapitre se focalise sur les répercussions politiques internationales, principalement aux États-Unis, de l'interruption du projet MAPLE-X10. Au début des années 1990, le Department of Energy (DOE), équivalent d'un ministère de l'énergie, constate la dépendance totale des hôpitaux américains au Mo-99 issu de Chalk River. Mesurant le risque de pénurie en cas de panne prolongée du NRU, il tente alors d'élaborer des plans pour rétablir une production sur son territoire. MDS Nordion, soutenue par des compagnies radio-pharmaceutiques américaines clientes ou concurrentes, exploite ce contexte pour faire avancer ses intérêts commerciaux, en mobilisant la communauté médicale, en réclamant que le DOE investisse dans la conversion d'un réacteur américain à la production de Mo-99 et en réaffirmant l'importance de la reprise du projet MAPLE. Bien qu'il soit difficile d'établir une relation causale directe entre les audiences organisées par le DOE et l'avancée des négociations au Canada, le contexte prévalant aux États-Unis ajoute une pression supplémentaire pour l'atteinte d'une solution négociée au détriment d'un abandon pur et simple du projet.

La troisième et dernière partie du chapitre s'intéresse aux premières années du projet MMIR. Elle illustre les conséquences d'un projet réactivé dans la précipitation,

sans prise de mesure réelle de l'ampleur de la tâche à accomplir. Les délais à respecter, les contraintes exercées par l'entente contractuelle avec Nordion, le manque de ressources financières et matérielles, poussent inconsciemment le maître d'œuvre, ÉACL, à relâcher ses standards de contrôle de la conception et de l'ingénierie. L'idée véhiculée par le management du projet que le réacteur MAPLE-1 ne serait qu'une continuation, à de légères modifications près, du projet MAPLE-X10, est également battue en brèche par les exigences de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA). Tous ces facteurs aboutissent, en avril 2000, à la découverte d'un défaut de conception dans le premier système d'arrêt d'urgence (SAU1) du réacteur MAPLE-1. ÉACL considère qu'elle résulte d'un défaut technique de conception et de l'erreur individuelle d'un sous-contractant. Toutefois, l'analyse des investigations menées par la CCEA montre que la défaillance découle plutôt d'un problème organisationnel: la routinisation et la banalisation de pratiques qui, hors du contexte particulier entourant le projet MMIR, auraient été considérées inacceptables au regard des standards de sécurité de l'industrie nucléaire.

4.2 Du MAPLE-X10 au MMIR: la négociation d'un nouveau projet

Le 28 octobre 1993, trois jours après la victoire du Parti libéral du Canada qui met fin à 8 ans de gouvernement Conservateur, le C.A. d'ÉACL annonce l'abandon du projet MAPLE-X10[1]. En réaction à cette décision, MDS Health, le nouveau propriétaire de Nordion, entreprend une action contre ÉACL, la CDIC et le ministère de la Justice du Canada devant la haute cour de justice de l'Ontario. Pour qu'elle retire sa plainte, MDS Nordion réclame qu'ÉACL produise une déclaration écrite qui la contraigne à construire le MAPLE-X10. Elle demande également à ce que le gouvernement fédéral et la CDIC fournissent les garanties financières nécessaires à l'achèvement du projet. Dans l'éventualité d'un refus, MDS Health exige que le contrat

[1] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 29 octobre 1993, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 5.

établissant la privatisation de Nordion soit annulé, que les 165 M$ reçus par le gouvernement en contrepartie lui soient restitués et que ce montant soit accompagné d'un dédommagement de 300 M$ pour le préjudice subi[2]. Deux semaines plus tard, un premier rapport concernant le litige est préparé par le MRN à l'attention de sa ministre Anne McLellan. Avant de prendre position, le nouveau gouvernement en place désire prendre la mesure des enjeux caractérisant le conflit entre sa société d'État et son ancienne filiale privatisée[3]. Pour l'instant, il s'en tient à une position neutre: considérer que le litige est de nature commerciale et non politique et qu'il devrait être réglé, selon les procédures convenues, devant un tribunal commercial.

Pour les fonctionnaires du MRN, le principal enjeu est de déterminer s'il serait préférable de laisser se dérouler le cours de la justice ou d'intervenir afin d'aboutir à une solution négociée hors-cour entre les deux parties. Un enjeu plus secondaire relève de l'image et de la mauvaise publicité que cette affaire pourrait susciter, puisqu'un abandon définitif du projet MAPLE-X10 résulterait dans le licenciement d'une cinquantaine de personnes chez ÉACL et de près de 330 employés du côté de Nordion[4]. Troisièmement, le gouvernement se prépare à devoir répondre aux protestations de la communauté médicale qui ne manquera pas de pointer qu'une panne prolongée du NRU provoquerait, à moyen terme, une pénurie de radio-isotopes utilisés quotidiennement dans près de dix milles diagnostics au Canada. Enfin, le gouvernement s'attend à faire face aux critiques qui viseront la compétence commerciale d'ÉACL et son incapacité à contrôler les coûts du projet MAPLE-X10.

---

[2] Ray Silver, « Battle over isotope production costs threatens AECL's MAPLE-X10 », *Nucleonics Week,* vol. 34, no. 46, 18 novembre 1993, p. 8.

[3] Mémo de Ted Thexton (sous-ministre MRN) à la ministre Anne McLellan, dont une copie a été transmise à R. Sabourin (sous-ministre Finances), « AECL-Nordion/MDS Dispute: Common Briefing Note », A-2016-00121, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 17 novembre 1993.

[4] Rapport de Brian Moore (sous-ministre MRN) à Anne McLennan, 12 décembre 1994, A-2016-00121, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 1.

En attendant de formuler une stratégie qui réponde à l'ensemble de ces préoccupations, le MRN suggère de temporiser et de s'en tenir au fait que: « For most questions, we believe that the best response is that the issues are in commercial arbitration or before the courts »[5]. De son côté, MDS Health campe sur une position simple: en achetant Nordion, elle obtenait implicitement une garantie d'approvisionnement en radio-isotopes à un prix prévisible et stable. Cela impliquait qu'un réacteur de soutien au NRU, en l'occurrence le NRX, définitivement arrêté par ÉACL en juillet 1993, demeurerait disponible au moins jusqu'à ce que la fiabilité du MAPLE-X10 soit démontrée après quelques années d'opération. Pour MDS Health, tout changement à cette entente constitue une violation des conditions d'achat de Nordion.

ÉACL se dit quant à elle incapable de poursuivre son implication dans le commerce des radio-isotopes à l'intérieur du cadre contractuel négocié par la CDIC préalablement à la privatisation de Nordion en 1991. La société d'État juge que l'entente pourrait très bien être renégociée afin de lui permettre d'obtenir des revenus plus importants. De nouveaux compétiteurs risquent d'entrer prochainement sur le marché et n'auront pas à faire face aux mêmes contraintes et coûts que ceux d'ÉACL, soit parce qu'ils bénéficient d'un important support gouvernemental, soit parce qu'ils possèdent des réacteurs dont les coûts d'exploitation sont amortis par d'autres activités nucléaires[6]. ÉACL considère également que la part de marché de Nordion risque de diminuer dans les années à venir, ce qui n'aidera en rien l'augmentation de sa propre part des revenus. De plus, Nordion refuse pour l'instant toute hausse des prix des radio-isotopes produits à Chalk River. Pourtant, l'augmentation de ses revenus pourrait être réalisée par l'intermédiaire d'une hausse des prix du Mo-99 vendu aux entreprises fabriquant les générateurs de Tc-99m destinés aux hôpitaux. Selon ÉACL, cela n'entamerait en rien la viabilité de l'activité de Nordion, puisque le coût des radio-

[5] Mémo de T. Thexton à A. McLellan, *op. cit.*, p. 7.

[6] *Ibid.*, p. 4.

isotopes ne représente qu'une faible fraction du coût total de la procédure médicale dans laquelle ils sont utilisés. Cette opinion est partagée par les présidents de la Société américaine de médecine nucléaire et du Collège américain des médecins nucléaires. Ces derniers considèrent qu'une augmentation du prix du Mo-99 serait le prix à payer pour le retour d'un approvisionnement stable: « Since the price of Tc-99m generally contributes a small portion of the overall cost of a clinical nuclear medicine study, the total increase in procedure costs is expected to be modest »[7].

Finalement, du point de vue d'ÉACL, c'est MDS Health qui a intérêt à trouver un terrain d'entente avec elle et non l'inverse. En effet, depuis l'achat de Nordion, la moitié des profits nets annuels de MDS Health, chiffrés à 34 M$, sont dus à son activité sur le marché des radio-isotopes. L'acquisition de Nordion est d'autant plus profitable pour MDS Health que l'ancienne filiale d'ÉACL, qui contribue à 50% de ses profits nets, ne représente que 36% du total de ses revenus annuels (162 sur 445 M$)[8]. MDS aurait acheté Nordion en toute connaissance des risques inhérents au commerce des radio-isotopes. N'ayant reçu de la part du gouvernement aucune part des 165 M$ issus de la privatisation et sans l'assurance de recevoir des revenus de l'entente avec Nordion, ÉACL croit qu'elle n'a plus aucune obligation de lui fournir des radio-isotopes, ni de construire et d'opérer le réacteur MAPLE-X10, puisque ce réacteur ne joue aucun rôle dans son programme de R&D[9].

Le 8 mars 1994, le passage du président d'ÉACL, Bruce Howe, devant le Comité permanent des ressources naturelles à la chambre des Communes donne une première indication de la position du nouveau gouvernement. Le comité, majoritairement composé de députés libéraux, doit recommander à la ministre du MRN

---

[7] Lettre de Peter Kirchner (président de la Society of Nuclear Medicine) et Robert Carretta (président de l'American College of Nuclear Physicians), *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 37, no. 3, janvier 1996.

[8] Mémo de T. Thexton à A. McLellan, *op. cit.*, p. 1.

[9] *Ibid.*, p. 2.

le renouvellement ou non de Howe à son poste, et il ne fait pas mystère de son avis durant l'audience. Len Hopkins, député de Renfrew, région où sont situés les laboratoires de Chalk River, reproche d'emblée à Howe le contenu de l'énoncé de mission publié par ÉACL l'année précédente, qui met selon lui davantage l'accent sur: « la commercialisation – sur ce qui va permettre de faire de l'argent rapidement – plutôt que sur l'élaboration des bases solides que représentent la recherche médicale et les autres éléments liés à ÉACL »[10]. Il lui reproche ainsi, en ayant pris la décision d'annuler la construction du MAPLE-X10, d'« avoir fait une croix sur l'avenir de notre pays dans le secteur [des radio-isotopes] ».

Hopkins déplore également que le Canada soit voué à disparaître d'un marché pourtant détenu à près de 90%, à cause de la décision de mettre un terme au projet MAPLE: « en abandonnant le projet de réacteur MAPLE-X10, vous avez en fait supprimé les ventes futures de radio-isotopes à usage médical et exclu ni plus ni moins le Canada d'un marché lucratif »[11]. Faisant finalement écho à une étude lancée par le DOE américain pour réactiver une production de radio-isotopes sur son territoire depuis que le MAPLE-X a été abandonné, Hopkins déplore que le Canada se soit donné un concurrent dans un marché dominé depuis plusieurs années: « Il est certain que les américains vont aller de l'avant. Nous, si nous n'avons pas un nouveau réacteur, nous ne pourrons pas continuer à produire des radio-isotopes »[12]. Dans la même veine que Len Hopkins, plusieurs députés libéraux critiquent également la politique d'entreprise d'ÉACL, trop influencée selon eux par les années de pouvoir Conservateur. Bonnie Brown, députée libérale de la région de Mississauga où se trouvent les principaux bureaux d'ÉACL, critique le penchant trop orienté vers « l'entreprise privée et l'idéologie du gouvernement précédent ». Le député libéral Ben Serre affirme quant à

---

[10] Procès-verbaux et témoignages du Comité permanent des ressources naturelles. Chambre des communes du Canada, 1ère session, 35ème législature, 8 mars 1994, p. 16.

[11] *Ibid.*, p. 31.

[12] *Ibid.*, p. 32.

lui que le mandat d'ÉACL n'est « pas strictement de faire de l'argent mais, par exemple, d'aider la recherche médicale ». Il reproche à Howe d'avoir été nommé président de l'entreprise uniquement parce que son profil correspondait très bien « à la vision étroite et pécuniaire du gouvernement précédent »[13].

Les attaques des députés libéraux sont contestées par Howe, qui assure qu'ÉACL ne s'apprête pas à se retirer du marché des radio-isotopes et qu'aucune menace immédiate ne pèse sur la recherche nucléaire médicale canadienne[14]. L'entreprise va continuer à approvisionner Nordion en radio-isotopes grâce au NRU, tel que l'y soumet l'entente signée en 1986 et qui demeure valide jusqu'en 2011. Le rapport annuel de d'ÉACL pour l'année 1993-1994 indique d'ailleurs qu'une provision de 75 M$ a été dégagée pour couvrir la radiation du MAPLE-X10 des comptes de l'entreprise, ce montant devant également couvrir les pertes d'exploitation futures générées sous l'entente actuelle liant ÉACL et Nordion. Dans ce même rapport, ÉACL se montre confiante quant à l'issue du litige qui l'oppose à Nordion: « In the opinion of management, AECL is well positioned to defend itself »[15]. Cette opinion est confortée par des avocats du ministère de la Justice soutenant qu'ÉACL et le gouvernement du Canada sont d'un point de vue légal en bonne position dans ce conflit[16]. Enfin, le C.A. d'ÉACL apprend en février 1994 que le président de MDS Health, Ward Pitfield, a fait une déclaration sous serment où il affirme qu'aucun engagement n'a été produit de la part d'ÉACL durant la négociation de l'achat de

---

[13] Cité dans: Ray Silver, « New government reviewing AECL role as new president grilled », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 11, 17 mars 1994, p. 10.

[14] *Ibid.*

[15] Rapport annuel ÉACL, 1993-1994, p. 16.

[16] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 21 janvier 1994, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 2.

Nordion quant à la complétion du réacteur MAPLE-X10[17]. Tous ces éléments encouragent la société d'État à maintenir sa décision. Son vice-président exécutif, Bill Hancox, la confirme en mars 1994 lorsqu'il affirme qu'ÉACL s'est complètement démobilisée du projet et qu'elle n'a aucune intention de le réactiver tant que les conditions commerciales pour justifier sa complétion sont absentes[18].

Le gouvernement fédéral va pourtant opter pour une stratégie différente de celle de sa société. Dans la foulée du passage de Howe devant le Comité permanent des ressources naturelles, le MRN appelle à une revue immédiate de la structure et du mandat qui avait été attribué à ÉACL par le précédent gouvernement. Un mois plus tard, en avril 1994, Bruce Howe démissionne de la présidence d'ÉACL[19]. Sa légitimité est directement remise en cause puisque seule sa proximité personnelle avec l'ex-premier ministre Brian Mulroney semblait justifier sa position. En outre, le mandat de l'entreprise sur lequel il s'était engagé une année plus tôt est rejeté par le nouveau gouvernement. La présidence intérimaire de l'entreprise est alors confiée à Terry Rummery, président de la Société de la recherche d'ÉACL. Lorsque Howe quitte la compagnie, la ministre Anne McLennan confie à un avocat de Toronto, Stephen Goudge, un mandat de médiation entre ÉACL et Nordion, afin de déterminer quelles seraient les meilleures options pour régler le litige hors-cours. Comme l'a précisé l'avocat lui-même quelques mois plus tard: « The minister has asked that I attempt to facilitate a business solution and I propose to attempt to do so over the next six to eight weeks »[20]. Le 30 septembre 1994, la ministre demande à ÉACL et Nordion d'entamer

---

[17] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 25 février 1994, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 2.

[18] Ray Silver, « New research, test facilities are dropped from AECL plans », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 10, 10 mars 1994, p. 5.

[19] Neville Nankivell, « AECL hit by more trouble at top », *The Financial Post*, 13 avril 1994, p. 4.

[20] Ray Silver, « Negotiations set that could resurrect AECL's MAPLE-X project », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 41, 13 octobre 1994, p. 4.

des négociations, avec l'assistance de Steven Goudge, pour déterminer: « if there is a viable business opportunity for Canada in the long term supply of medical radioisotopes and agree on the type, scope and content of an agreement defining a new or renewed business arrangement »[21]. Ainsi, contrairement à ÉACL qui semble prête à aller à la confrontation, le gouvernement décide de favoriser une solution négociée « à l'amiable », un compromis politique et commercial qui permettrait la poursuite de la production de radio-isotopes au Canada, et ce pour plusieurs raisons.

La première renvoie au fait que l'abandon du projet MAPLE-X10 est associé à une décision prise par ÉACL sous l'influence du gouvernement Conservateur. Cela ressort d'ailleurs dans les reproches adressés par les députés libéraux à Bruce Howe durant l'audience du Comité permanent des ressources naturelles. Le litige entre ÉACL et Nordion est également perçu par le gouvernement Libéral comme une conséquence directe de la politique Conservatrice de rationalisation et de privatisation des compagnies de la Couronne. Entériner la décision d'ÉACL, et la soutenir dans une éventuelle action judiciaire, reviendrait à approuver indirectement le contenu de la politique précédente. La seconde raison de l'inclinaison du gouvernement à la conciliation tient au fait que, malgré l'opinion défavorable émise à l'encontre de MDS Nordion par les avocats du ministère de la Justice, le ministère des Finances et le MRN considèrent que le cas n'est pas sans risque, surtout après avoir reçu l'avis moins optimiste d'un cabinet d'avocats privé[22]. Ensuite, le MRN fait observer que même si le gouvernement et ÉACL remportaient une décision favorable, il faudrait tout de même rembourser les 20 M$ qui avaient été versés par Nordion en 1988, alors qu'elle était encore filiale d'ÉACL, pour le financement de la construction du MAPLE-X. Le

[21] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 28 octobre 1994, p. 3.

[22] Mémo de David Dodge (sous-ministre Finances) à Paul Martin (ministre des Finances), « Meeting with NRCan Minister – Nordion », A2016-00121, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 21 novembre 1994, p. 2.

ministre des Finances, Paul Martin, abonde dans le même sens et demande à ses fonctionnaires de collaborer avec le MRN pour négocier: « an outcome acceptable to all parties that preserves the business and avoids a lawsuit »[23]. Par ailleurs, le MRN craint les conséquences politiques du procès, que celui-ci soit gagné ou perdu: Nordion perdra son activité commerciale, ce qui représente 330 pertes d'emploi et une baisse des exportations canadiennes. Comme le rappelle le sous-ministre au MRN, Brian Moore, malgré le litige en cours: « Nordion is a world class profitable international company that should be supported »[24]. De plus, la réputation internationale du Canada serait ternie en cas d'interruption de l'approvisionnement mondial en Mo-99 à la communauté médicale. Finalement, le MRN craint qu'une confrontation directe et publique avec MDS Health ne remette en cause d'éventuelles initiatives de privatisation dans le futur, les acheteurs pouvant se montrer moins enclins à vouloir faire affaire avec le gouvernement[25].

La médiation de l'avocat Stephen Goudge aboutit, en novembre 1994, à la formulation d'une première proposition soumise par le MRN aux deux parties. Il semble qu'un facteur fondamental ayant facilité le retour d'ÉACL à la table des négociations soit le développement par cette dernière d'un procédé de production de radio-isotopes permettant, en théorie, de réduire considérablement les coûts de construction et d'opération du projet. Cette méthode aurait le potentiel de réduire substantiellement: « the required capital investment in the isotope business and also decrease the operating costs of the isotope extraction process »[26]. Dans les faits, le procédé consiste en une modification de la conception des cibles de Mo-99 irradiées

---

[23] Mémo de D. Dodge à P. Martin, « Meeting with NRCan Minister – Nordion », A2016-00121, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 12 janvier 1995, p. 2.

[24] Rapport de B. Moore à A. McLennan, *op. cit.*, p. 1.

[25] *Ibid.*, p. 4.

[26] Mémo de D. Dodge à P. Martin, 12 janvier 1995, *op. cit.*, p. 1.

dans le réacteur. Dans la conception initiale du MAPLE-X10, il était prévu que les cibles soient constituées d'un alliage d'aluminium et d'uranium hautement enrichi. À l'époque, l'aluminium utilisé dans la fabrication des cibles était considéré comme un déchet majeur du processus de production du Mo-99[27]. Les ingénieurs d'ÉACL proposent à présent d'utiliser des cibles composées d'oxyde d'uranium hautement enrichi (UO_2), pour éliminer le recours à l'aluminium, ce qui permettrait de réduire les coûts du projet de 200 M$ à 126 M$[28]. Bill Hancox, vice-président exécutif d'ÉACL, confirme plus tard devant le C.A. de l'entreprise que ce choix technologique s'est avéré décisif dans la décision de l'entreprise de revenir à la table des négociations: « A new Moly target and process has substantially reduced the operating and capital costs such that it has lead the parties to the conclusion that there is a viable business »[29]. Le choix des cibles UO_2 aura des conséquences importantes et inattendues sur la trajectoire du projet MMIR dans les années 2000, que ce soit au niveau du fonctionnement des réacteurs mais aussi de l'installation de traitement et de stockage des déchets radioactifs. Nous y reviendrons plus tard dans ce chapitre.

La première proposition du MRN part du principe que le coût du projet, incluant la construction du réacteur et des installations de traitement et de stockage des déchets se situerait entre 100 et 126 M$. La ministre McLellan propose aux deux parties que le gouvernement finance la complétion du MAPLE-X10, à travers un prêt sans intérêt à ÉACL de 80M$. Par ailleurs, la société d'État recevrait annuellement 10% des revenus bruts de la vente du Mo-99 pour rembourser ce prêt. Au-delà de 80 M$, les coûts en capital seraient répartis de façon égale entre le gouvernement et Nordion, jusqu'à hauteur de 126 M$. Mais avant de parvenir à ÉACL et Nordion, la proposition du MRN

---

[27] K.A. Burrill and R.J. Harrison, « Development of the Mo-99 Process at CRNL », Rapport AECL-9621, novembre 1987, p. 2.

[28] Mémo de D. Dodge à P. Martin, *op. cit.*, p. 4.

[29] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 30 mars 1995, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 3.

est rejetée par le ministère des Finances, qui juge la contribution du gouvernement au financement du projet trop généreuse: « based on our limited understanding of Minister McLellan's proposal, the costs appear to be excessive »[30]. Le sous-ministre des Finances, David Dodge, favorise plutôt un prêt avec intérêt et ne comprend pas pourquoi les coûts de construction du réacteur ne pourraient pas être assumés par les clients de Nordion, via une augmentation des prix des radio-isotopes. Dodge recommande à son ministre, Paul Martin, de n'accepter dans un premier temps aucune requête de financement provenant de la ministre MacLellan, au moins jusqu'à ce que les fonctionnaires des deux ministères aient conjointement étudiés une proposition commune moins coûteuse[31].

Entre temps, Nordion a soumis sa propre offre au gouvernement[32]. Elle demande notamment que ce dernier lui verse une contribution sans intérêt de 80 M$, remboursable annuellement par Nordion grâce à 10% des revenus bruts de l'entente commerciale sur la vente des radio-isotopes. Nordion exige également une garantie sur la performance du réacteur NRU, qui se traduirait par un versement de 5M$ par le gouvernement pour chaque semaine où le réacteur serait arrêté pour une raison imprévue et ce, jusqu'à hauteur de 25 M$. Finalement, Nordion ajoute dans sa proposition une clause de partage des coûts sur la construction d'un second réacteur MAPLE. En effet, les négociations en cours ne règlent toujours pas un détail fondamental du dispositif de production des radio-isotopes à Chalk River: la disponibilité d'un réacteur de soutien au réacteur MAPLE-X10, suite à l'arrêt du NRU qui est prévu pour le début de l'année 2000. Depuis deux ans, ÉACL cherche bien à faire approuver le financement d'un nouveau réacteur et d'installations de recherche à Chalk River, complexe désigné par l'acronyme IRF (pour *Irradiation Research*

---

[30] Mémo de D. Dodge à P. Martin, *op. cit.*, 21 novembre 1994, p. 4.

[31] *Ibid.*, p. 1.

[32] Rapport MRN présenté à A. McLellan, 15 décembre 1994, A2016-00121, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information.

Facility). Mais au moment où les négociations entourant le projet MAPLE se déroulent, ce projet demeure à un « very, very conceptual stage »[33] et son financement, estimé à 500 M$, est très loin d'être obtenu puisqu'il nécessite que se mettent d'accord ÉACL, le gouvernement fédéral, les compagnies d'électricité provinciales propriétaires de réacteurs CANDU ainsi que les institutions de recherche et les universités canadiennes utilisatrices de ce type d'installations.

La collaboration entre le MRN et le ministère des Finances dans le dossier MAPLE donne lieu à une contre-offre, soumise à Nordion et ÉACL au début du mois de janvier 1995. En plus de proposer de nouveaux termes contractuels sur la construction du nouveau complexe de production des radio-isotopes à Chalk River, elle introduit un changement fondamental dans l'entente commerciale liant ÉACL et Nordion. L'entente reconfigurée propose en effet de transférer la totalité des revenus des ventes des radio-isotopes à Nordion, alors que celle-ci en recevait jusqu'à présent les deux-tiers. ÉACL serait rémunérée sur la base de la quantité de radio-isotopes qu'elle fournit Nordion et non plus en fonction des bénéfices réalisés par cette dernière. Le gouvernement considère cette entente comme avantageuse pour sa société d'État, car elle transfère le risque commercial à Nordion, tandis qu'ÉACL peut désormais répercuter l'augmentation de ses coûts de production sur le prix de ventes des radio-isotopes bruts à Nordion. C'est également le prix qu'ÉACL se dit prête à payer pour ne plus avoir à assumer les risques du marché: « in order to get out of the business risks, AECL is prepared to give its share of the business to Nordion »[34].

Il faut préciser que la mise en application de cette entente n'adviendrait qu'à partir du moment où la production des radio-isotopes serait transférée du NRU au MAPLE. D'ici là, ce sont les conditions établies préalablement à la privatisation de

---

[33] Ray Silver, « AECL, Nordion near agreement on reactor for medical isotopes », vol. 35, no. 50, *Nucleonics Week*, 15 décembre 1994, p. 14.

[34] Mémo de D. Dodge à P. Martin, 12 janvier 1995, *op. cit.*, p. 2.

Nordion qui continuent de s'appliquer. La contre-offre gouvernementale comprend donc l'accord sur le transfert de la part des revenus d'ÉACL vers Nordion, estimé à 63 M$, ainsi qu'un prêt de 80 M$ pour financer les coûts de construction du projet, à être remboursé par Nordion en 10 versements, au taux d'emprunt des compagnies de la Couronne. Tous les autres risques du projet, incluant les dépassements de coûts, seraient partagés de manière égale entre ÉACL et MDS/Nordion. Les détails de la finalisation des négociations étant demeurés secrets, le contenu de l'entente finale laisse à penser qu'un compromis a été trouvé à mi-chemin entre les demandes de Nordion et la volonté du gouvernement et d'ÉACL de se soustraire aux risques du marché des radio-isotopes. Ainsi, le gouvernement accepte d'incorporer au projet la construction d'un second réacteur MAPLE, en soutien à la production du premier, et consent à verser à Nordion une contribution sans intérêt de 100 M$ pour la réalisation du projet, à présent estimé à 140 M$ avec l'ajout du MAPLE-2. En échange, la rémunération d'ÉACL, sur la base du partage des bénéfices nets réalisés par Nordion, prendrait fin dès la mise en service du nouveau complexe de production.

4.3 L'influence du contexte états-unien sur les négociations du projet MAPLE

À partir du début des années 1990, les enjeux de la production des radio-isotopes médicaux à Chalk River dépassent le cadre du Canada. En effet, l'abandon du MAPLE-X10 par ÉACL et la poursuite intentée par Nordion ne vont pas sans susciter l'inquiétude aux États-Unis, dont les hôpitaux dépendent presque intégralement de la production canadienne de Mo-99. Toutefois, cette situation est relativement récente. Historiquement, le développement de générateurs de Tc-99m, issus du traitement et du conditionnement du Mo-99, a débuté aux États-Unis dans les laboratoires nationaux de Brookhaven, au cours des années 1950. La production du Mo-99 est alors gérée par l'agence américaine publique de l'énergie nucléaire, l'Atomic Energy Commission (AEC), dans ses réacteurs de recherche d'Oak Ridge et de Brookhaven. Cette situation perdure jusqu'en 1966, date où l'AEC décide de céder

entièrement le développement du marché des radio-isotopes à des entreprises privées. L'activité est un temps reprise par la Union Carbide Nuclear Corporation puis, de 1970 à 1990, une partie du Mo-99 américain est produite par l'entreprise privée Cintichem Corporation, dans un réacteur nucléaire de 5 MW qu'elle possède à Tuxedo dans l'État de New York[35].

Durant cette période, Cintichem produit approximativement la moitié du Mo-99 utilisé aux États-Unis. En février 1990, une fuite détectée dans le système de refroidissement du réacteur de Tuxedo force son arrêt définitif[36]. Cintichem cesse sa production, jugeant les coûts de réparation trop élevés, alors qu'aucune autre source de production n'existe aux États-Unis. Cet incident propulse Nordion dans une position quasi-monopolistique sur le marché du Mo-99 et, tel que relaté au précédent chapitre, induit une augmentation considérable de la cadence de production dans les installations de Chalk River. Nordion fournit alors 100% du marché américain et approximativement 85% de la demande mondiale en Mo-99. D'autres sources de production, plus modestes, existent en Europe, mais étant donné les courtes demi-vies du Mo-99 et du Tc-99m, le temps pour acheminer la production vers les États-Unis en réduit la quantité effective, confortant ainsi la domination de Nordion sur le territoire nord-américain. Cette situation conduit le DOE au constat alarmant de sa dépendance aux réacteurs de Chalk River: « if the Canadian production source were to become unavailable, the supply of Mo-99 available to the U.S. would be substantially reduced or eliminated »[37].

---

[35] Document de l'U.S. *Department Office of Energy, Office of Nuclear Energy, Science and Technology*, « Medical Isotopes Production Project: Molybdenum-99 and Related Isotopes. Environmental Impact Statement (Volume I) », DOE/EIS-0249, avril 1996, p. iv.

[36] Lettre de Cintichem Inc. au US National Research Council, 31 mai 1990, p. 1. Disponibe sur le site de l'USNRC https://www.nrc.gov/docs/ML1006/ML100630070.pdf, consulté le 10 août 2017.

[37] DOE/EIS-0249, *op. cit.*, p. v.

Après l'arrêt du réacteur de Cintichem, la communauté médicale américaine et l'industrie radio-pharmaceutique demandent au DOE de préparer un plan pour rétablir une capacité domestique de production de Mo-99. Reconnaissant le risque de perturbation ou d'interruption de l'approvisionnement en Mo-99, le DOE initie un programme visant à faire produire des radio-isotopes dans le réacteur Omega West, doté d'une puissance de 8 MW et opéré par des programmes de la Défense nationale américaine à Los Alamos. Le ministère de la Défense, en tant que propriétaire du réacteur, en assumerait l'opération dont les coûts seraient couverts par les revenus de la vente du Mo-99. Le réacteur doit théoriquement changer de mission dans le courant de l'année 1993, mais deux accidents simultanés, une surtension électrique et une fuite d'eau radioactive, causent l'arrêt temporaire du réacteur. Alors que 8 M$ ont déjà été investis dans sa conversion, l'accident ajoute près de 20 M$ en frais de réparation[38]. Le budget du Bureau de l'énergie nucléaire du DOE étant insuffisant pour couvrir cette somme, le projet est abandonné.

Dans le même temps, le DOE poursuit un projet de production de Mo-99 dans un réacteur du Sandia National Laboratory (SNL), à Albuquerque au Nouveau-Mexique. L'initiative est accélérée par la fermeture définitive du NRX par ÉACL au printemps 1993, qui prive le NRU d'un réacteur de soutien et fragilise donc la chaîne d'approvisionnement vers les États-Unis. Un regroupement de représentants de l'industrie pharmaceutique (dont MDS Nordion), de l'industrie nucléaire (dont ÉACL), et du gouvernement américain, estime alors que la meilleure option pour élaborer un plan d'urgence consisterait à expédier une production de Mo-99 brut du SNL vers les installations de Nordion à Ottawa, afin qu'elle y soit purifiée et conditionnée. Le principal obstacle à ce plan est une nouvelle fois d'ordre économique. Des modifications techniques onéreuses sont nécessaires pour rendre compatibles les

[38] « Department of Energy's Isotope Production and Distribution Program. Hearing before the Environment, Energy and Natural Resources Subcommittee of the Committee on Government Operations, House of Representatives, One Hundred Third Congress, First Session », 6 décembre 1993, p. 181.

procédés de production américain et les techniques de traitement canadien, sans compter les démarches réglementaires auprès des autorités de sûreté nucléaire des deux pays qui doivent préalablement accorder leur autorisation à la production, la circulation et la commercialisation de ce « nouveau » produit.

En décembre 1993, suite à l'annonce de l'abandon du projet MAPLE-X10 par ÉACL, le Programme de production et de distribution des isotopes du DOE organise une séance de témoignages au parlement américain, afin d'envisager des solutions au risque de pénurie de radio-isotopes aux États-Unis. Y est notamment présent le Council on Radionuclides and Radiopharmaceuticals (CORAR), lobby d'entreprise pharmaceutiques actives dans le secteur nucléaire. MDS Nordion et son client le plus important aux États-Unis, Mallinkrodt, sont les principaux acteurs de ce lobby. Par la voix de Robert Brown, directeur des affaires réglementaires chez Mallickrodt, et de Iain Trevena, vice-président des « Produits Isotopes » chez Nordion, le CORAR demande une nouvelle fois que le DOE se dote d'une capacité de production de Mo-99 aux États-Unis, afin de réduire la dépendance du marché au seul réacteur NRU. Aux audiences, le CORAR est soutenu par le représentant du secteur médical américain, Robert Atcher, ancien président du *Radiopharmaceutical Science Council of the Society of Nuclear Medicine*, qui réitère la gravité des conséquences d'une panne prolongée du NRU pour le secteur hospitalier américain: « We would have tremendous difficulty doing the routine clinical medicine tests that require molybdenum-99. It would be devastating »[39]. Dans la foulée des audiences du DOE, les principales compagnies radio-pharmaceutiques américaines, Mallinckrodt Medical, Dupont Merck Pharmaceutical Company et Medi-Physics Inc., adressent une lettre à l'ambassadeur du Canada aux États-Unis pour exprimer leur inquiétude quant à une possible pénurie de Mo-99: « without a Maple-X reactor, the stability of supply of Molybdenum-99 would be threatened and this could be devastating to the practice of nuclear medicine

[39] *Ibid.* p. 53.

in the U.S with potentially life threatening consequences to millions of U.S. citizens »[40]. Enfin, la *Society of Nuclear Medicine* et l'*American College of Nuclear Physicians* déclarent conjointement qu'il est particulièrement urgent que le gouvernement des États-Unis travaille à établir: « a reliable uninterrupted supply of Mo-99 »[41].

Au-delà de plaidoyer des acteurs majeurs de l'industrie des radio-isotopes en faveur du rétablissement d'une capacité de production de Mo-99 aux États-Unis ou de la reprise du MAPLE-X, les audiences de décembre 1993 permettent une nouvelle fois d'illustrer à quel point l'existence d'un marché des radio-isotopes serait improbable sans la garantie financière déterminante des pouvoirs publics. Ainsi, à mesure que les débats avancent, le président du sous-comité à l'environnement et aux ressources naturelles du DOE, Mike Synar, finit par comprendre que: « the basic model around the world for reactor-produced isotopes is a reliance on government owned reactors »[42]. Robert Atcher reconnaît de son côté que le recours aux réacteurs de recherches gouvernementaux canadiens ou européens équivaut à une subvention indirecte de l'industrie, à laquelle le DOE ne pourrait faire face s'il souhaitait établir une production domestique fonctionnant sur une base strictement commerciale. Le DOE souligne également que l'une des raisons ayant mené à l'abandon définitif du réacteur Omega West est que le réacteur américain aurait eu à subir la concurrence du MAPLE-X10, si ÉACL avait décidé de reprendre le projet. Face à un système de production subventionné par le public, tel qu'en vigueur au Canada, la rentabilité du réacteur américain aurait été impossible à atteindre. Le porte-parole du CORAR, Robert Brown, ne dit pas autre chose lorsqu'il explique le refus des compagnies radio-

---

[40] Lettre citée dans le procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, 21 janvier 1994, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, p. 2.

[41] DOE/EIS-0249, *op. cit.*, avril 1996, p. 2.4.

[42] « Hearing before the Environment, Energy and Natural Resources Subcommittee », *op. cit.*, 6 décembre 1993, p. 55.

pharmaceutiques, pourtant grandes bénéficiaires du marché, d'investir dans la construction et l'opération d'un réacteur de production privé[43]:

> The problem the industry has in investing in a reactor is for starters it is very expensive. It would be very difficult to site a new reactor now. There are certain long-term liabilities associated with reactors dealing with radioactive waste, very difficult waste issues. And for those reasons, the manufacturers have steered away from building their own reactors.

L'absence d'une capacité de production de Mo-99 aux États-Unis, pourtant principal consommateur mondial de ce radio-isotope, s'explique ainsi par l'incapacité de cette industrie à fonctionner sur une base purement privée. En effet, l'Atomic Energy Act de 1954 établit que l'activité industrielle nucléaire aux États-Unis doit fonctionner selon les règles de la libre concurrence. La commercialisation des radio-isotopes, sous-produit de cette industrie, doit donc théoriquement obéir aux mêmes règles. Dès 1953, le commissaire de l'AEC, Keith Glennan, assurait que: « the ultimate objective of the Atomic Energy Commission is to work itself out of the isotope business »[44]. Cette affirmation relève néanmoins du discours de façade car, malgré la volonté de l'AEC de faire du commerce des radio-isotopes un marché concurrentiel, le gouvernement américain s'y est longtemps impliqué indirectement, ne serait-ce que par la construction de réacteurs de recherche, qui allaient être par la suite être cédés à des opérateurs privés. L'historienne Angela Creager indique d'ailleurs qu'aucune compagnie radio-pharamaceutique américaine n'a construit de réacteur pour produire des radio-isotopes, même après la promulgation de l'Atomic Energy Act en 1954. Les entreprises privées ont continué à s'appuyer sur les réacteurs de recherche publics dont les coûts de construction avaient déjà été absorbés par le projet Manhattan, tandis que

---

[43] *Ibid.*

[44] Angela Creager, *Life Atomic. A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2013, p. 217.

leurs coûts d'opération n'ont jamais été répercutés sur les consommateurs ou les intermédiaires de la chaîne de production des radio-isotopes[45].

En avril 1996, le DOE conclut que le risque financier pour une compagnie désirant débuter une production de Mo-99 est si élevé qu'il n'y a aucune possibilité, à moyen terme, d'établir une production privée capable de subvenir aux besoins des États-Unis. Une solution alternative finit tout de même par être trouvée. La prolongation des négociations entre Nordion et ÉACL incite son concurrent, l'entreprise américaine Mallinckrodt, à entreprendre des démarches auprès du Joint Research Center of the European Community, pour obtenir un accord commercial de traitement et de distribution de Mo-99 similaire à celui qui lie Nordion et ÉACL. Cette agence publique européenne possède un réacteur de recherche au Pays-Bas opéré par la Netherlands Energy Research Foundation et qui est déjà utilisé durant 15% de son temps d'opération dans la production de radio-isotopes. En août 1995, Mallinckrodt obtient une licence de l'autorité de régulation nucléaire des Pays-Bas pour y faire produire des isotopes à plus grande échelle. Étant donné que la R&D nucléaire publique subit également des coupures dans plusieurs pays européens, les opérateurs de réacteurs y sont également à la recherche de nouvelles sources de revenus: la production de radio-isotopes apparait comme une solution logique pour financer l'utilisation de leur outil de travail. Mallinckrodt s'attend à pouvoir débuter sa production dans le courant de l'année 1996 et espère pouvoir répondre à 30% des besoins du marché mondial. Cependant, elle admet ne pas être en mesure de faire concurrence à Nordion qui récupère les 70% des parts restantes. Mallinckrodt ne pourrait donc répondre entièrement aux besoins du marché américain si une interruption de l'approvisionnement canadien advenait[46]. Il faudra attendre les pannes

---

[45] *Ibid.*

[46] DOE/EIS-0249, *op. cit.*, avril 1996, p. 3.6.

du NRU en 2007 et en 2009 pour que le gouvernement des États-Unis se décide à étudier une nouvelle fois des options de production domestique de Mo-99.

Les débats qui se déroulent aux États-Unis, entre 1990 et 1996, illustrent les coûts d'entrée élevés auxquels doivent faire face de nouveaux acteurs sur le marché des radio-isotopes, lorsqu'ils ne bénéficient pas des conditions dont bénéficie Nordion grâce à son entente commerciale avec ÉACL. Ils expliquent également pourquoi le marché du Mo-99 est demeuré, jusqu'à aujourd'hui, concentré entre les mains d'une poignée de distributeurs, qui ont profité des contrats avantageux offerts par les agences nucléaires publiques pour casser les prix d'achat et maintenir leur position oligopolistique. L'échec de l'établissement d'une production de Mo-99 aux États-Unis a également été un facteur additionnel en faveur d'une entente négociée entre ÉACL et Nordion. Se retrouvant en quelque sorte prisonnière de son statut de pourvoyeur unique pour le marché nord-américain, ÉACL voyait sa marge de manœuvre réduite face au gouvernement et Nordion et pouvait difficilement décider de se retirer complètement de la production des isotopes médicaux.

4.4 Les débuts du projet MMIR (1997-2003)

C'est au moment où Mallinckrodt entre sur le marché des producteurs de Mo-99, à l'été 1996, qu'ÉACL et Nordion annoncent la reprise du projet MMIR. Tel que décrit plus haut, le projet comprend désormais trois grandes infrastructures (Figure 4.1): un réacteur principal de production, le MAPLE-1, un réacteur de réserve, le MAPLE-2, ainsi qu'une nouvelle installation de traitement des isotopes et de stockage des déchets radioactifs, désignée par le nom de *New Processing Facility* (NPF). Il est prévu que le MAPLE-1 et la NPF entrent en fonction en mai 2000, suivis du MAPLE-2 en novembre de la même année[47]. En décembre 1996, ÉACL entame des démarches

[47] Procès-verbal de la réunion du C.A. d'ÉACL, A-2016-00027, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 6 septembre 1996, p. 4.

auprès de la CCEA en vue d'obtenir des permis de construire pour ces trois installations[48].

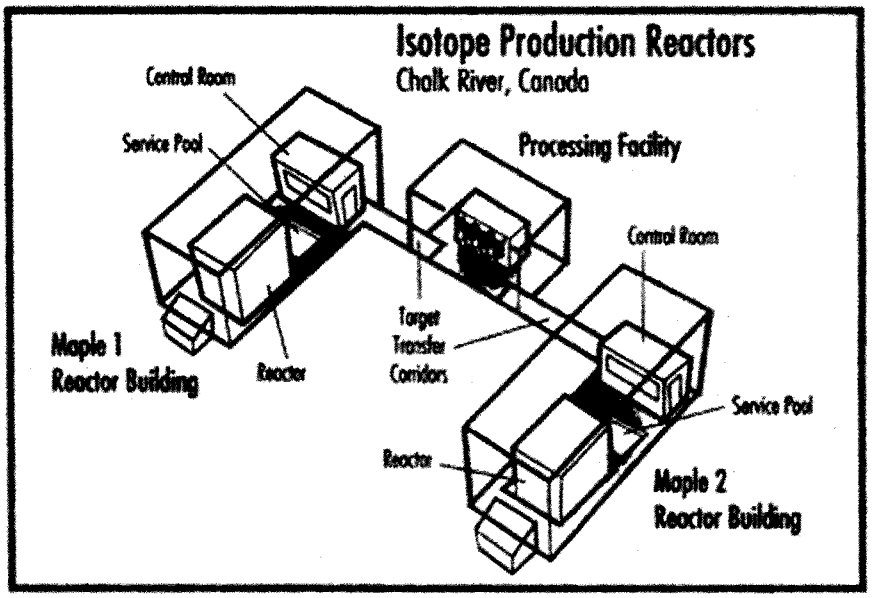

Figure 4.1 Plan des nouvelles installations du MMIR[49]

4.4.1 Continuités et ruptures avec le MAPLE-X10

À partir de 1997, une véritable course contre la montre s'amorce pour compléter le projet en moins de 40 mois. La fin de l'opération du NRU, prévue pour le début de l'année 2000, est la raison essentielle de l'établissement de cet échéancier serré. Si le réacteur MAPLE-1 n'était pas prêt à ce moment-là, ÉACL devrait alors réaliser des travaux pour rallonger la durée de vie de ses anciennes installations, à des coûts qui continueraient de peser lourdement sur les finances de sa division de R&D. De surcroît, la prolongation de l'utilisation du NRU, qui a déjà connu une panne prolongée en 1991,

---

[48] Lettre de J.-P. Labrie (directeur général – activités liées aux isotopes, ÉACL) à P.M. French (chargé de projet - CCEA), A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 6 décembre 1996, p. 1.

[49] Joe Rojas-Burke, « The future supply of molybenum-99 », *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 36, no. 11, novembre 1995, p. 15N.

constitue un risque accru d'interruption de la production de Mo-99, ce qui n'est évidemment souhaitable pour ÉACL ni du point vue commercial, ni du point de vue politique. La société d'État joue aussi de cet impératif temporel et des enjeux économiques qui lui sont associés pour faire accélérer les démarches d'approbation du projet par l'instance de régulation. Comme l'explique Jean-Pierre Labrie, directeur des activités liées aux isotopes d'ÉACL, à un responsable de la CCEA, le calendrier établi considère: « the risks to the Canadian medical isotopes business of relying exlusively on the NRU reactor and the existing Mo-99 Facility, including its Fissile Solution Storage Tank, to produce isotopes »[50]. L'objectif est donc de débuter le transfert de la production des radio-isotopes du NRU vers le MAPLE-1 et la NPF dans le courant de l'année 1999 et de garder le NRU en réserve du MAPLE-1 jusqu'à l'entrée en service du MAPLE-2 dans le courant de l'année 2000[51].

Malgré les contraintes pesant sur le projet MMIR, ÉACL considère que l'échéancier peut être maintenu. La documentation du réacteur MAPLE-1 ne devrait être qu'un prolongement de celle du MAPLE-X10, avec des amendements rendus nécessaires par l'introduction du nouveau modèle de cibles de Mo-99: « The Preliminary Safety Analayis Report for MAPLE-1 will be an amendment to the MAPLE-X10 PSAR for the new target to confirm MAPLE-1 is within the MAPLE-X10 safety envelop »[52]. En revanche, cet optimisme n'est pas du tout partagé par la CCEA, qui considère que le projet a considérablement changé d'envergure et désire en acquérir une meilleure compréhension. Selon elle, il sera très difficile de respecter les

---

[50] Lettre de J.-P. Labrie à P.M. French, A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 17 février 1997, p. 1.

[51] Document CCEA, « Approbation de construire relativement au projet de production d'isotopes médicaux de MDS Nordion – Intervention par ÉACL », RG 60, BAN 1998-01823-7, BMD 97-149.1, 23 septembre 1997.

[52] Lettre de W.T. Hancox (vice-président mise au point stratégique, ÉACL) à A.J. Bishop (présidente CCEA), A-2015-00138, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 15 juillet 1996, p. 4.

délais proposés par ÉACL, tant au niveau de la validation de la documentation nécessaire à l'obtention de permis d'exploitation, que pour la construction. Les termes utilisés par les agents de la CCEA démontrent sans ambiguïté leurs réticences à considérer le nouveau projet MMIR comme une simple continuation des travaux du MAPLE-X10[53]:

> AECB staff have concluded that the schedules for construction approval proposed by AECL are not achievable [...] AECB staff conclude that the schedules proposed for the various operating licenses are optimistic and probably not achievable [...] We conclude that the list of documents AECL proposes to submit at the provisional stage is incomplete. We would be prepared to discuss our requirements further, but would prefer to first gain a better understanding of this project.

Les premiers doutes de la CCEA sont confirmés en septembre 1997, lorsque ses agents répondent officiellement à la demande d'approbation de construire formulée par ÉACL. Cette dernière souhaiterait l'obtenir avant la fin de novembre 1997, mais un ensemble de prérequis reste à être atteint. L'évaluation de la CCEA montre que plusieurs questions demeurent en suspens, la plus importante ayant trait au rapport préliminaire d'analyse de sûreté, préparé pour le réacteur MAPLE-X10 plusieurs années auparavant et mis à jour depuis, qui demeure incomplet. Entre autres, l'impact des nouvelles cibles de Mo-99 sur les marges d'opération des systèmes d'arrêt d'urgence du réacteur ne semble pas avoir été traité adéquatement. Selon les agents de la CCEA, le changement apporté à la composition métallurgique des cibles est loin d'être trivial: « the new Mo-99 target element is very different from that proposed for MAPLE-X10. It is designed to operate at much higher linear power rating. This affects the safety analysis results »[54]. L'impact des nouvelles cibles sur la capacité du bâtiment-réacteur à contenir d'éventuelles fuites radioactives en cas d'accident

---

[53] Lettre de J.-P. Labrie à P.M. French, *op. cit.*, 17 février 1997, p. 4.

[54] Document CCEA, « Permis d'exploitation pour les réacteurs MAPLE 1 et 2 aux laboratoires de Chalk River », RG 60, BAN 2001-00226-2, BMD 99-70, 4 mai 1999, p. 6.

constitue également un sujet d'interrogations. D'autres problèmes touchent également la conception de la NPF, où le Mo-99, le Xe-133 et l'I-133 seront récupérés à partir des cibles irradiées et les déchets générés, solidifiés et stockés. En effet, ÉACL ne possède pas, ou plus, l'expertise nécessaire à la conception et la construction d'une telle installation et doit se résoudre à sous-traiter ce travail à une autre entreprise. Les démarches nécessaires pour réaliser l'appel d'offre repoussent la finalisation des détails techniques de la conception, ce qui constitue un obstacle supplémentaire à l'avancement du projet. Ces questions, et d'autres[55], ont été soumises aux ingénieurs d'ÉACL par les agents de la CCEA mais n'ont toujours pas reçu de réponses, empêchant ces derniers d'émettre une recommandation: « AECB staff is not in a position to make a recommendation on construction approval »[56].

Ayant déjà reçu l'approbation environnementale du projet de la part de de la CCEA en avril 1997, ÉACL finit par obtenir une approbation de construction en décembre, assortie toutefois de plusieurs conditions. De plus, l'autorisation de construire n'est valide que jusqu'au stade de l'assemblage et de l'installation des cœurs des réacteurs. Pour aller plus loin, ÉACL doit préalablement démontrer qu'elle a résolu deux problèmes majeurs. Premièrement, elle doit fournir l'assurance qu'avec les cibles de Mo-99 modifiées, les émissions radioactives en cas d'accident demeurent en dessous des seuils acceptables. Deuxièmement, elle doit résoudre une question qui avait été laissée en suspens durant le projet MAPLE-X10: la capacité du premier système d'arrêt d'urgence (SAU1) à absorber un excédent de réactivité résultant d'une erreur dans le chargement du combustible. En somme, l'approbation partielle accordée par la CCEA en décembre 1997, bien qu'elle permette à ÉACL de poursuivre ses activités sur le chantier, souligne déjà les insuffisances d'un projet à haut niveau

---

[55] Document CCEA, BMD 97-149.1, *op. cit.*, p. 1.

[56] Document CCEA, « Approbation de construire relativement au projet de production d'isotopes médicaux de MDS Nordion – réacteurs MAPLE », RG 60, BAN 1998-01823-7, BMD 97-149, 23 septembre 1997, 23 septembre 1997, p. 1.

d'incertitude. En février 1998, un rapport du Bureau du vérificateur général, examinant les activités ÉACL et le projet MAPLE en particulier, abonde dans ce sens et affirme que: « There are several indicators that this project has higher than normal risk »[57]. Les problèmes rencontrés dans le passé par le projet MAPLE-X10, le litige ayant opposé ÉACL et Nordion, ainsi que le caractère unique du projet, sont autant de facteurs évoqués par le vérificateur en appui de son jugement.

Contrairement à ce que semblent croire, ou veulent laisser croire, les responsables du projet chez ÉACL, la mise en service du réacteur MAPLE-1 est loin de n'être qu'une simple continuation du MAPLE-X10, que ce soit du point de vue de la documentation des accidents potentiels et de leurs conséquences, ou de la construction elle-même. Un rapport de la CCEA, publié en octobre 1998, l'illustre parfaitement en indiquant qu'ÉACL a perdu plusieurs mois de cette année à combler des lacunes demeurées en suspens depuis 1993 ou qui ont été créées plus récemment par certaines modifications faites au réacteur. Par exemple, ÉACL a dû refaire toutes les analyses, datant du projet MAPLE-X10, qui avaient identifié le blocage du débit d'un canal du réacteur comme l'évènement le plus à même de provoquer des dommages à son combustible. La réévaluation, due essentiellement au changement dans la conception des cibles de Mo-99, amène ÉACL à intégrer ou éliminer certains paramètres pour demeurer dans les marges de sûreté réglementaires.

Ce type de situation est d'autant plus problématique qu'un changement, même léger, apporté à certains aspects de la conception nécessite souvent d'apporter des correctifs à d'autres éléments dont les marges de sûreté se voient indirectement perturbées. Ainsi, le règlement de la question du blocage du canal du débit a nécessité qu'ÉACL ajoute ou élimine d'autres composantes: « AECL added a fission product monitoring system to assure early detection of fuel failures. AECL has also eliminated

[57] Extrait du rapport du Vérificateur général relatif à ÉACL, RG 58, BAN 2014-00297-5, boîte 1, dossier 8100-1998-040-002, partie 1, 3 février 1998, p. 1.

the automatic pump trip following reactor shutdown »[58]. Le rapport de la CCEA indique également qu'ÉACL a dû soumettre de nouvelles analyses prouvant la capacité du SAU1 à absorber un excédent de réactivité dans certains cas d'accident. La nouvelle analyse, qui utilise « a new model to assess fission product behaviour in the reactor pool »[59], prédit, tel que requis, des doses plus faibles. Néanmoins, l'obtention de ces résultats ne s'est faite qu'au prix d'une augmentation de l'épaisseur des barres de hafnium du SAU1 de 3 à 4 millimètres.

Un autre facteur important nécessite la révision, parfois profonde, des analyses effectuées pour le MAPLE-X10 avant 1993: la mise à jour de certains standards de l'industrie nucléaire qui rendent les calculs passés obsolètes. C'est le cas de la norme CAN/CSA N285.0, qui contient les exigences à respecter « relativement aux systèmes et aux composants sous pression des centrales nucléaires CANDU »[60]. Dans le cadre du projet MAPLE-X10, ÉACL avait suivi la version de la norme datant de 1981. Mais une nouvelle version, publiée en 1995, l'oblige à mettre à jour certaines sections du rapport final d'analyse de sûreté du réacteur MAPLE-1. La CCEA note qu'ÉACL était consciente de ce problème dès la reprise du projet en 1997, mais qu'elle a préféré continuer à utiliser la version de 1981 dans ses nouvelles analyses, afin d'éviter de perdre du temps à revenir sur la conception de certains éléments et de renégocier la signature de contrats avec des fournisseurs qui citaient la norme datant de 1981[61]. Par conséquent, la CCEA exige qu'ÉACL réalise une « réconciliation des codes », une comparaison des deux versions de la norme qui assure l'invariabilité des résultats

---

[58] Document CCEA, « Réacteurs MAPLE. Approbation d'assembler les cœurs des réacteurs en conformité avec la condition 14 de l'approbation de construire », RG 60, BAN 1999-01372-7, BMD 98-159, 20 octobre 1998, p. 2.

[59] *Ibid.*

[60] Voir la description de la norme CAN/CSA N285.0 sur le site du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail: http://www.cchst.ca/products/csa/27010852012, consulté le 11 novembre 2017.

[61] Document CCEA, « Permis d'exploitation pour les réacteurs MAPLE 1 et 2 aux laboratoires de Chalk River », RG 60, BAN 2001-00226-2, BMD 99-70, 4 mai 1999, p. 2.

obtenus. Autrement, ÉACL devra entièrement reprendre ses calculs, car l'usage de la version de 1981, sans approbation de la CCEA: « is not consistent with condition 3(a) of construction approval. It requires use of the 1995 version for everything except code classification »[62]. En général, la CCEA estime qu'ÉACL a dû réaliser une « quantité de travail considérable »[63] pour justifier l'usage d'anciennes versions de codes informatiques ou de normes qui maintiennent la cohérence des résultats obtenus avec les analyses du MAPLE-X10. Gary Kugler, vice-président des opérations commerciales de la société d'État, le reconnaît également[64]:

> The design and construction of the MAPLE reactors started in the late 1980s but was discontinued in 1993, and then restarted in 1996. During, and subsequent to that period, significant changes in the codes and standards and regulatory requirements were imposed on the MMIR project.

Tous ces éléments contribuent à retarder la mise en œuvre du projet et, poussent parfois ÉACL à outrepasser certaines règles. Par exemple, en janvier 1999, les agents d'un programme d'audit d'assurance qualité de la CCEA découvrent qu'ÉACL avait débuté la fabrication et l'installation d'éléments de tuyauterie nucléaire avant d'avoir obtenu les approbations nécessaires. Lors d'un autre audit, les agents de la Commission découvrent la même infraction au règlement dans le cas de l'installation d'un système de drainage d'eau radioactive[65]. Ces écarts introduisent un nouveau prérequis à l'obtention du permis d'opération du réacteur, puisqu'ÉACL doit présenter une preuve d'enquête interne qui explique les raisons de ses infractions. Mais plus que ces deux évènements, un incident d'une toute autre ampleur freine considérablement le projet

---

[62] *Ibid.*, p. 5.

[63] *Ibid.*, p. i.

[64] Document ÉACL, « Oral Presentation by Atomic Energy of Canada Limited – Supplementary Information », RG 60, R9845-1, BAN 2002-00793-4, CMD 01-H9.1B, boîte 4, vol. H12, 22 mai 2001, p. 3.

[65] *Ibid.*, p. 2.

durant près de deux ans et demi: le blocage, lors d'un test réalisé sur le réacteur MAPLE-1, de l'une des barres d'arrêt du SAU1: « during the commissioning of the MAPLE 1 reactor, there were problems with the operation of the shut-off rods where shut-off rods jammed during tests »[66].

4.4.2 La défaillance des barres d'arrêts du SAU1

La phase de mise en service du réacteur MAPLE-1 débute à l'été 1999. Elle est divisée en trois étapes: la phase A, dite de mise en service non-nucléaire des systèmes du réacteur, la phase B qui consiste à introduire le combustible dans le cœur du réacteur et la phase C, dite phase de mise en service nucléaire. La fin de chacune des phases constitue un point d'arrêt qui nécessite une approbation de la CCEA pour la poursuite du projet. Au début de la phase B, en avril 2000, lors d'un test effectué à très basse puissance, l'une des trois barres d'arrêt du SAU1 demeure coincée alors qu'un opérateur tentait de l'insérer dans le cœur du réacteur. Ayant informé des agents de la CCEA de l'incident, ÉACL poursuit ses tests et une nouvelle fois, en juillet, une barre coince au moment d'être retirée du cœur. Cette fois-ci, ÉACL met immédiatement le réacteur dans un « état d'arrêt sécuritaire ». Un comité de sûreté interne à ÉACL entame l'investigation des causes du double incident, tandis que la CCEA démarre une enquête indépendante en parallèle.

Les barres d'arrêt du SAU1 sont insérées dans le réacteur lorsque ce dernier produit un excédent de puissance. Les neutrons produits en excès sont alors absorbés par le métal de ces barres composées de hafnium, ce qui permet de faire baisser la puissance du réacteur, voir même de l'éteindre. Inversement, les barres d'arrêt peuvent se trouver dans le cœur le réacteur et en être retirées, si une augmentation de puissance est recherchée. Un système hydraulique permet le mouvement des barres vers le haut

---

[66] Document ÉACL, « Oral Presentation by Atomic Energy of Canada Limited », RG 60, R9845-1, BAN 2002-00793-4, boîte 1, vol. H9, CMD 01-H9.1, 6 février 2001, p. 1.

ou vers le bas. Il est lui-même activé par l'arrivée d'une certaine quantité d'eau pompée à partir de la piscine du réacteur[67]. Selon l'enquête d'ÉACL, le blocage des barres d'arrêt est dû à un défaut de conception, puisque deux composantes du système hydraulique des barres ne sont pas assez écartées l'une de l'autre: « the root causes of the problems with the operation of the shut off rods were in the tight clearance between two components in their hydraulic mechanism »[68]. Elle met également en cause le sous-contracteur chargé de l'assemblage du système, dont la qualité du travail s'avère inférieure aux standards de qualité requis dans l'industrie nucléaire: « The investigation revealed widespread deficiencies in the workmanship with the Swagelok joints installed by a single contractor »[69].

L'exposé préliminaire de la situation par ÉACL met de l'avant des problèmes de nature technique ainsi que la défaillance individuelle d'un sous-contracteur. Cependant, une présentation de deux hauts gestionnaires du projet MMIR devant les commissaires de la CCEA, en février 2001, reconnaît également des causes plus profondes. Ils identifient des problèmes au niveau de la supervision des travaux, un calendrier serré ayant engendré le chevauchement de plusieurs activités, ainsi qu'un programme de contrôle de la qualité inadéquat. De plus, un rapport d'investigation effectué par ÉACL note l'absence de documents essentiels relatifs à la conception des barres d'arrêt du SAU1. À l'époque du MAPLE-X10, celles-ci n'ont pas été identifiées comme une « composante » du réacteur, mais comme un « mécanisme », catégorie à laquelle est associée un degré moindre de contrôle de la qualité et moins de documentation réglementaire obligatoire[70]. Ainsi, l'absence d'un manuel de

---

[67] Voir la description technique du réacteur MAPLE données au Chapitre 3, pp. 12-18.

[68] Document ÉACL, CMD 01-H9.1, *op. cit.*

[69] *Ibid.*, p. 8.

[70] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 8 mars 2001, p. 90. Disponible sur le site de la CSSN: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/transh09.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

conception s'est avérée préjudiciable au moment d'effectuer les tests qui ont révélé la défaillance. Les représentants d'ÉACL concluent leur exposé sur une note sévère[71]:

> The AECL investigations/assessments have identified deficiencies in the following key areas: effective transmission of information between design/construction/commissioning and operations; lack of engineering support at site; scarcity and competing demand of QA resources on site; shortcomings in the commissioning QA program on corrective actions; and excessive staff turn-over.

Le rapport d'experts de la CCEA, rebaptisée CCSN (Commission canadienne de sûreté nucléaire) depuis avril 2000, abonde dans le même sens et étend ces déficiences à l'ensemble du projet: « The investigation and assessment activities identified deficiencies spanning all phases, design, construction, procurement and commissioning of the project that contributed to the shut-off rod jamming incident »[72]. Le rapport reproche premièrement au management d'ÉACL d'avoir approuvé un programme d'assurance qualité qui n'était pas aussi sévère pour le MMIR que dans d'autres projets d'envergure menés par l'entreprise: « Management within AECL approved a quality assurance program for the MMIR project that did not have to follow the rules laid out in other AECL projects. The MMIR procedures were also more relaxed than those applied to other AECL projects »[73]. Deuxièmement, il identifie une incapacité du projet à contrôler les travaux de conceptions, tant au niveau de la vérification des spécifications techniques que de la disponibilité complète de la documentation. Troisièmement, le temps et les ressources allouées au projet sont jugées insuffisantes et les communications entre différents paliers de décision défaillantes. Ces trois éléments témoignent, selon le rapport de la CCSN, d'une forme de suffisance de la part d'ÉACL et d'un manque de « culture de sûreté ». Par conséquent, les

---

[71] Document ÉACL, CMD 01-H9.1, *op. cit.*, p. 10.

[72] *Ibid.*, p. 6.

[73] Document CCSN, « Renewal of Operating Licence for the MAPLE Reactors at the CRL », RG 60, R9845-1, BAN 2002-00793-4, CMD 01-H9A, boîte 1, vol. H9, 1er mars 2001, p. 1.

dispositions prises par la direction du projet MMIR pour remédier au problème sont considérées comme insatisfaisantes: « problems related to quality assurance are more extensive than was previously believed. Therefore, CNSC no longer finds the corrective and preventive actions that AECL has already taken or proposed to be sufficient »[74].

À partir de 2001, une nouveauté importante s'installe dans le rapport entre ÉACL et la CCSN. Des audiences publiques obligatoires se tiennent désormais ponctuellement au siège de la CCSN pour faire état de l'avancement du projet MMIR. La première se tient le 8 mars 2001, alors que le réacteur est maintenu à l'arrêt depuis juillet 2000. L'audience débute par les exposés des gestionnaires d'ÉACL. Ces derniers sont représentés par Jean-Pierre Labrie, manager général des activités liées aux radio-isotopes à Chalk River, et Gary Kugler, vice-président des opérations commerciales de l'entreprise. Leur discours se borne une nouvelle fois à circonscrire le problème des barres d'arrêt à une question technique: « We found workmanship deficiencies in the assembly of Swagelok fittings, particularly improper deburring of tubing ends »[75]. Jean-Pierre Labrie se veut par ailleurs rassurant et optimiste pour la suite du projet puisque, depuis la découverte de la défaillance, des changements à la conception des barres d'arrêt ont été apportés et doivent garantir la fiabilité de ce mécanisme de sûreté: « I am confident that with the design changes made to the shut off-rods [...] the problems that have been experienced have been resolved »[76].

Le manager d'ÉACL semble pourtant se contredire au fil de son exposé puisqu'il finit par reconnaître l'existence de failles au niveau du contrôle indépendant

---

[74] *Ibid.*, p. 3.

[75] Document ÉACL, CMD 01-H9.1, *op. cit.*, p. 1.

[76] Comptes rendus de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 8 mars 2001, p. 4. Disponible sur le site de la CSSN: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/transh09.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

de la qualité et de la préparation de la documentation des barres d'arrêt. En effet, ces tâches ont été sous-contractées au fournisseur de la pièce défaillante. Pour gagner du temps et économiser des ressources, ÉACL s'est contentée de vérifier que ce dernier possédait bien les qualifications conformes aux standards de l'industrie nucléaire: « AECL has recognized this contractual arrangement was inadequate and a weakness in our quality surveillance plan for the project [...] In retrospect, perhaps closer direct quality surveillance by ourselves would have been the better thing to do »[77]. La défaillance relève donc également de facteurs structurels, parmi lesquels le manque de ressources humaines et matérielles sur le chantier et une précipitation dans l'approbation de l'exécution de certaines tâches visant à accélérer le rythme des travaux.

Sans se prononcer directement sur cette dernière dimension, les agents ayant mené l'enquête indépendante de la CCSN vont y référer indirectement durant leurs témoignages. Burton Valpy, chef de l'équipe d'inspection, indique que pour mener son enquête, plus de 180 documents produits par ÉACL sur le projet MMIR ont été examinés, depuis la fin des années 1980 jusqu'en octobre 2000. À l'instar des gestionnaires d'ÉACL, il commence par identifier les facteurs techniques ayant causé la défaillance des barres d'arrêt. Le premier renvoie à l'intolérance de la conception des barres à la présence de particules fines dans le système hydraulique qui guide leur mouvement vertical. Le second facteur pointe vers le manque d'écartement entre deux pièces du système hydraulique. L'équipe de Valpy dit n'avoir trouvé aucune trace d'un incident similaire dans des projets précédents menés par ÉACL, en particulier sur le projet HANARO[78], réacteur de recherche vendu à la Corée du Sud au milieu des années 1990 dont la conception est fondée sur celle du MAPLE. Cependant, des évènements précurseurs aux causes plus générales ont été mis en évidence lors d'audits précédents

---

[77] *Ibid.*, p. 69.

[78] HANARO est l'acronyme de High-Flux Advanced Neutron Application Reactor.

du projet MMIR menés par la CCSN: des failles au niveau de la gestion du projet, l'absence d'un programme de qualité d'ingénierie et, surtout, le constat d'une dégradation des exigences de conception: « AECL did not clearly specify how disciplined engineering should have been applied to this project »[79].

L'équipe d'inspection relève également des déficiences du côté de la CCSN, puisque celle-ci n'aurait pas appliqué de manière assez stricte son mandat de vérification et de contrôle des activités d'ÉACL. Par exemple, les agents de la CCSN auraient rencontré à plusieurs reprises des managers du projet MMIR pour leur faire part de préoccupations relativement au programme d'assurance qualité. Ces rencontres n'auraient fait cependant l'objet d'aucun suivi qui aurait pu amener ÉACL à corriger ses carences: « staff accepted continued work on the MMIR project in the presence of known deficiencies in the quality assurance program »[80]. Pour les deux projets, MAPLE-X10 et MMIR, la CCSN se serait excessivement fiée aux assurances écrites d'ÉACL et aux gages présentés par ses inspections, revues et audits internes. Par exemple, le 11 février 2000, la CCSN identifie plusieurs problèmes dans les rapports documentant la phase A de mise en service du MAPLE-1. ÉACL répond le jour même aux nombreuses questions soulevées à l'aide de quelques pièces justificatives et trois jours plus tard, la CCEA donne son accord à la poursuite des travaux, sans qu'une vérification approfondie des réponses d'ÉACL n'ait été réalisée. Loin de constituer un facteur isolé, la non-vérification de plusieurs assertions écrites adressées par ÉACL à la CCSN est considérée comme : « a root cause that led to the safety system failure »[81].

---

[79] Comptes rendus de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 8 mars 2001, p. 56. Disponible sur le site de la CSSN: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/transh09.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

[80] Document CCEA, « Inspection Team Report Number 01-IIT-01. Review of CNSC Regulatory Oversight of MAPLE Project », RG 60, R9845-1, BAN 2002-00793-4, CMD 01-M44, boîte 2, vol. M10, 23 mai 2001, p. 9.

[81] *Ibid.*, p. 11.

Le rapport d'inspection reproche aussi à la CCSN d'avoir considéré que le réacteur MAPLE constituait un faible risque pour la sûreté nucléaire, en raison de sa puissance ne dépassant pas 10 MW. Il rappelle ainsi au souvenir de ses agents les débats qui avaient eu lieu en 1988 autour de la mise en place de normes spécifiques pour ce type de réacteur. Le rapport note en effet qu'il n'existe aucun standard formel pour les réacteurs dits de « petites tailles » en général, et pour le MAPLE en particulier. Les exigences requises pour ce dernier ont finalement consisté en une adaptation des normes et des standards appliqués aux réacteurs de puissance CANDU, ce qui a contribué à maintenir le flou sur certaines prises de décision. En effet, on pouvait parfois arguer que certains phénomènes physiques ou séquences potentielles d'accident étaient connus, car déjà étudiés dans le cadre du développement des réacteurs CANDU, et qu'ils ne nécessitaient donc pas d'investigation plus approfondie dans le cadre de la conception du MAPLE. D'un autre côté, lorsque certains résultats d'analyse obtenus pour le MAPLE étaient plus difficilement interprétables à l'aune de la norme établie pour le CANDU, ÉACL pouvait invoquer le fait que les critères relatifs aux réacteurs de puissance étaient trop sévères pour être appliqués à la lettre au cas du MAPLE.

Ensuite, l'équipe d'inspection souligne que l'utilisation prolongée du NRU et de l'actuel réservoir de stockage de déchets radioactifs, appelé *Fissile Solution Storage Tank* (FISST), constituait un risque qui a amené la CCSN à être plus permissive avec le projet MMIR. La mise en service rapide des nouvelles installations devenait d'autant plus souhaitable que l'ancien dispositif de production des radio-isotopes atteignait sa limite d'exploitation: « There was an informal consensus that bringing the newer facilities on stream was desirable from a risk perspective compared to continued operation of NRU »[82]. La nécessité de maintenir un approvisionnement stable en radio-isotopes, en tant qu'objectif de santé publique, aurait également incité la CCSN à être

[82] *Ibid.*, p. 14.

moins regardante sur les écarts potentiels d'ÉACL aux normes à respecter dans le cadre du projet MMIR[83]:

> In addition to the safety system malfunctions, a number of issues arose in MMIR between late 1999 and mid-2000 which concerned staff. Staff were aware of all these issues. They were also aware of the implications of significantly delaying the start-up of the MMIR project on the production of radioisotopes for medical purposes, and the relative risk presented by the continued operation of the older production facility, namely the NRU reactor and the FISST tank.

Enfin, le rapport relève le manque de ressources humaines disponibles au sein de la CCSN pour faire face aux exigences du projet. Il établit que le volume des correspondances entre les deux organisations a triplé entre 1997 et 1999, inflation causée en grande partie par l'échéancier serré du projet MMIR. Le temps consacré à la révision et à la préparation des documents permettant de respecter les échéanciers était du temps en moins qui pouvait être consacré à la conduite d'inspections et d'audits relatifs au respect des normes de sûreté[84]. À travers les lacunes répertoriées par le comité d'inspection, tant du côté d'ÉACL que de la CSSN, sont une nouvelle fois pointées les conséquences d'un projet réactivé dans la précipitation et sans évaluation exhaustive de la portée du travail à accomplir.

La pression commerciale exercée par l'entente contractuelle liant ÉACL et MDS Nordion continue aussi à se faire sentir sur le déroulement du projet MMIR. Ainsi, la solution établie pour éliminer la défaillance des barres d'arrêt n'est pas celle qui garantit le plus que l'incident ne se reproduira pas dans le futur, mais la moins énergivore en temps et en ressources. Les débats entre les experts des deux organisations menant à la « résolution » du problème permettent également d'examiner le contexte de mobilisation de l'argument de la technologie dite « first of a kind », autrement dit de l'aspect novateur du projet, qui rend les obstacles techniques

---

[83] *Ibid.*, p. 12.

[84] *Ibid.*, p. 16.

inévitables et justifie les échecs et les retards rencontrés à répétition. En effet, les gestionnaires d'ÉACL évoquent régulièrement la nouveauté de la technologie MAPLE pour justifier implicitement les lacunes et les retards rencontrés durant le projet, tous comme ils le faisaient déjà durant le projet MAPLE-X10: « The MAPLE reactors are a "first of a kind", although they share some design characteristics with the HANARO research reactor »[85]. Cette affirmation contraste avec celles qui présentaient le MAPLE comme la simple continuation, à quelques adaptations près, du projet MAPLE-X10, lorsqu'il fallait convaincre la CCSN, en 1997, du bien-fondé d'une reprise accélérée du projet.

Lors de la seconde audience publique sur le MMIR, tenue le 29 mai 2001, ÉACL est interrogée sur les raisons pour lesquelles le réacteur de recherche HANARO, utilisant le même système hydraulique que le MAPLE, n'a pas rencontré le même type de défaillances. Si Gary Kugler et Jean-Pierre Labrie reconnaissent que les deux réacteurs reposent sur les mêmes principes, c'est pour avancer aussitôt que les deux situations ne sont pas comparables. Le réacteur HANARO est doté d'une puissance trois fois supérieure à celle du MAPLE et, par conséquent, d'un cœur plus volumineux. L'espace disponible dans le cœur du HANARO aurait ainsi permis aux ingénieurs d'ÉACL de proposer un concept de barres d'arrêt qui garantisse, grâce à l'utilisation d'une petite porte guillotine, l'absence d'impuretés ou de particules dans l'eau utilisée pour activer son système hydraulique. Ce dispositif était impossible à installer dans le cœur plus petit du MAPLE, dont on avait décidé en 1987, suite à des resserrement budgétaires, de limiter la puissance à 10, au lieu de 20 MW: « in the HANARO shut-off rod drive cylinder they had enough room to basically install a little guillotine door that closes the hydraulic line and gives a pressure pulse when the system is down [...] In the MAPLE reactor because we did not have space to install such a guillotine-type

[85] Document ÉACL, CMD 01-H9.1B, *op. cit.*, 22 mai 2001, p. 3

device, we used the rod itself »[86]. Ce constat illustre l'importance de la dépendance au sentier dans la trajectoire temporelle du MMIR, puisqu'une décision prise en 1987 concernant la valeur d'un paramètre tel que la puissance du réacteur, se retrouve, quinze ans plus tard, avoir un impact important sur un mécanisme a priori sans lien direct avec lui.

Afin de réduire les risques de contamination du système hydrauliques par des particules ou des débris, ÉACL propose d'augmenter le diamètre à l'extrémité des barres d'arrêt du SAU1. Cela permettrait de combler l'espace existant entre les barres et une pièce annulaire du système hydraulique, le « bushing », sensé en assurer l'étanchéité[87]. Le système serait également renforcé par l'ajout de filtres permettant de minimiser les contaminations, ainsi qu'une dizaine d'autres modifications mineures[88]. Cependant, une conclusion préliminaire des agents de la CCSN juge ces mesures insuffisantes, puisque la fiabilité des barres d'arrêts ne peut être garantie sur la durée de vie complète du réacteur, établie à 40 ans: « there is still a potential for particles to be internally generated through wear or to be introduced during installation and maintenance activities »[89]. La CCSN demande également à ÉACL de se pencher sur des concepts alternatifs de barres d'arrêt susceptibles d'éliminer les risques de blocage. Cette demande parait d'autant plus légitime que lors d'échanges informels entre agents de la CCSN et ingénieurs d'ÉACL, ces derniers auraient affirmé que d'autres concepts

---

[86] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 29 mai 2001, p. 54. Disponible sur le site de la CSSN: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/transH9.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

[87] *Ibid.*, p. 55.

[88] « SED-A Staff Assessment of MAPLE Shutoff Rod Design », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 4, clé 222, 26 octobre 2001, p. 5.

[89] Document CCSN, CMD 01-H9.B, *op. cit.*, p. 1.

de barres d'arrêt, n'utilisant pas de système hydraulique, avaient été envisagés et rejetés au début des années 1990, au cours du projet MAPLE-X10[90].

Afin de se forger un avis plus approfondi sur le nouveau concept de barres d'arrêt proposé par ÉACL, le régulateur confie une mission d'audit à la firme SED-A. Le rapport d'audit rendu en octobre 2001 et son interprétation par les agents de la CCSN sont intéressants à plus d'un titre puisqu'ils illustrent une situation où la norme de sûreté n'est pas définie par le respect d'un critère technique absolu, mais par la recherche d'un compromis entre la dimension probabiliste du risque encouru en cas d'accident et celle du coût à payer pour le minimiser. Ainsi, les agents de la CCSN indiquent que leurs conclusions générales sur la fiabilité des barres d'arrêt s'appuient partiellement sur une analyse de risque[91], regrettant au passage que l'installation MMIR dans son intégralité n'ait pas été soumise à une étude probabiliste de sûreté: « when presented with a situation where deterministic defence-in-depth rules are not clearly met, as is the case here, a Probabilistic Sefety Analysis can be a useful tool and can give a greater credence to the judgements made »[92].

Le rapport SED-A ne cherche pas à déterminer si la conception des barres d'arrêt doit être revue, il aborde le problème à partir d'un angle différent. D'une part, il conforte l'avis des agents de la CCSN: une future défaillance des barres d'arrêt du SAU1, suite à l'introduction d'impuretés dans son système hydraulique, ne peut pas être exclue. Le concept modifié proposé par ÉACL contient toujours des faiblesses intrinsèques qui le rendent vulnérable: « the design concept is unconventional and does

---

[90] *Ibid.*, p. 2.

[91] Sur les origines et le développement des méthodes d'évaluation probabiliste du risque dans l'industrie nucléaire, voir Thomas Wellock, « A Figure of Merit. Quantifiying the Probability of a Nuclear Reactor Accident », *Technology and Culture*, vol. 58, no. 3, 2017, pp. 678-721.

[92] Mémo de P.H. Wigfull à K. Pereira et J.D. Harvie (commissaires de la CCSN), « SED-A's Assessment of the Adequacy of the MAPLE 1 and 2 Shutoff Rod Design », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 4, clé 222, 26 octobre 2001, p. 1.

not represent best engineering practices »[93]. L'accepter tel quel reviendrait à opérer un compromis dans la qualité de la « défense en profondeur » du concept MAPLE. Cette notion de défense en profondeur renvoie à l'existence de « niveaux multiples de protection, ou lignes de défense, présents dès le stade de la conception de l'installation, [qui] ramènent à un niveau extrêmement faible le risque qu'un accident puisse avoir des conséquences graves à l'extérieur de la centrale »[94]. Elle implique donc que chaque mécanisme de sûreté soit doublé par un autre mécanisme indépendant, capable de le suppléer en cas de défaillance.

Le rapport SED-A ajoute qu'ÉACL n'a pas présenté d'arguments démontrant de manière convaincante l'impossibilité d'installer un concept qui ne repose pas sur l'utilisation d'un système hydraulique[95]. L'idéal serait d'appliquer: « a good fundamental design solution i.e., one that fixes the fundamental design weakness », plutôt que de se fier, comme le propose ÉACL, à une série de mesures compensatoires, telles que l'établissement d'un programme de maintenance et de surveillance du système et d'un programme de nettoyage régulier réduisant la présence d'impuretés et de débris dans l'eau pompée et dans les espaces de maintenance des barres d'arrêt.

Néanmoins, SED-A contrebalance ces arguments par la certitude que l'implantation d'un concept alternatif au système hydraulique des barres générerait, au point où est rendu le projet, des coûts disproportionnés par rapport à la réduction du risque qui serait obtenue: « it is clear that implementation of an alternative design would involve costs that would be disproportionate to the corresponding reduction in

---

[93] « Summary of SED-A's Assessment of the Adequacy of the MAPLE 1 and 2 Shutoff Rod Design », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 4, clé 222, 26 octobre 2001, p. 2.

[94] Définition disponible sur le site de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque-nucleaire/demarche-prevention/Pages/1-defense-profondeur.aspx.aspx, consulté le 20 juillet 2017.

[95] Mémo de P.H. Wigfull à K. Pereira et J.D. Harvie (commissaire de la CCSN), *op. cit.*, 26 octobre 2001, p. 9.

risk »[96]. Par ailleurs, la défense en profondeur du MAPLE, bien qu'affaiblie par le risque d'une défaillance des barres d'arrêt, demeure suffisante pour maintenir le risque encouru par les travailleurs de la centrale et le public environnant à un niveau très faible. Une défaillance de cause commune, autrement dit la défaillance de plus d'une barre sur les trois qui composent le SAU1, est jugée improbable, et il est considéré que les deux barres restantes agiront efficacement. Finalement, le deuxième système d'arrêt d'urgence du réacteur (SAU2) est composé de deux parties, des barres dites absorbantes et un réservoir de drainage, qui fournissent chacune une couverture suffisante en cas de défaillance des barres d'arrêt du SAU1 durant un accident.

En novembre 2001, la Direction de la réglementation des réacteurs de la CCSN retient une grande partie des arguments présentés par SED-A pour conclure que le concept des barres d'arrêts modifié par ÉACL « ne pose pas de risque inacceptable aux opérateurs ou au public ». Mais il réaffirme tout de même que son évaluation ne procure pas la garantie que le SAU1 rencontre l'objectif de fiabilité qui lui avait été initialement assigné par ses concepteurs: « our technical review does not give us confidence that this shutdown system will prove to meet the reliability target which has been set for it »[97]. Enfin, même s'ils prennent soin de préciser que le facteur n'est pas déterminant ou primordial dans leur prise de décision, les agents de la CCSN reconnaissent que le remplacement du NRU et du FISST est un objectif à encourager, car il serait globalement bénéfique à la société et à la sécurité des travailleurs, du public et de l'environnement[98]. L'approbation d'un concept de barres d'arrêt tel que proposé par ÉACL, renforcé par un « programme d'exclusion de matériaux étrangers », va dans ce sens. En somme, la décision de la CCSN tient en deux positions ambivalentes: la

---

[96] « Summary of SED-A's Assessment », *op. cit.*, p. 2.

[97] Mémo de J.D. Harvie à K. Pereira (commissaire de la CCSN), « Assessment of the Adequacy of MAPLE 1 and 2 Shutoff Rod Design », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 4, clé 222, 14 novembre 2001, p. 1.

[98] *Ibid.*

première reconnaît clairement que le risque de blocage des barres peut être réduit sans pour autant être éliminé. La seconde est que la probabilité de l'accident est assez faible pour ne pas constituer un risque inacceptable du point de vue de la sûreté[99]:

> CNSC staff judged that AECL's design changes had reduced, but not eliminated, the rods' susceptibility to jamming from internal debris and that measures to exclude debris therefore remain essential. CNSC staff concluded, however, that, because the shut-off rods are not the only means of shutting the reactor down, and provided that AECL puts in place and maintains an adequate foreign material exclusion program, operation of the MAPLE reactors with the modified shut-off rods would not pose unreasonable risk to workers, the public or the environment.

L'implantation des changements à la conception des barres d'arrêt, suivi des tests en laboratoire et dans le réacteur MAPLE-1, se prolonge jusqu'en novembre 2002. Entre-temps, ÉACL soumet à la CCSN une requête pour prolonger l'utilisation du NRU et du FISST. Le 20 novembre, ayant satisfait aux exigences réglementaires relatives à la sûreté des barres d'arrêt du SAU1, ÉACL reçoit l'autorisation de charger le combustible dans le MAPLE-1[100]. Le même jour, le cœur du réacteur atteint le seuil de criticité, une puissance de 10 watts, et dès janvier 2003, ÉACL se dit prête à obtenir l'autorisation de tester le réacteur au-delà d'une limite de 500 kilowatts[101]. Cependant, dès le mois de juin 2003, les activités de mise en service sont de nouveau interrompues. Une mesure effectuée sur un paramètre du réacteur, le coefficient de puissance de la réactivité (*power coefficient of reactivity*), dont la valeur ne semble pas correspondre aux prédictions établies durant la phase de conception, force de nouveau la suspension

---

[99] Document CCSN, « Application for Approval to Restart Commissioning of the MAPLE 1 and MAPLE 2 reactors », 15 janvier 2002, p. 4. Disponible sur le site de la CCSN: https://cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/MAPLE3_E.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

[100] Document CCSN, « Approval to Restart Commissioning of the MAPLE 1 and 2 Reactors », RG 60, BAN 2004-01115-7, CMD 02-M79, boîte 2, vol. M28, 12 décembre 2002, p. 1.

[101] Document ÉACL, « Application by AECL for the renewal of the operating licence for the MAPLE reactors », RG 60, BAN 2004-01116-5, CMD 03-H3.1, boîte 3, vol. H29, 15 janvier 2003, p. 3.

des travaux[102]. Ce nouveau coup d'arrêt, conjugué à d'autres facteurs techniques et extra-techniques qui seront développés au chapitre suivant, s'avèrera fatal au projet, bien que celui-ci se soit encore poursuivi durant 5 ans.

4.4 Conclusion

Ce chapitre a d'abord retracé les évènements qui ont mené à la reprise du projet MAPLE-X10 et à sa transformation en une entreprise de plus grande envergure, le projet MMIR. L'analyse des négociations aboutissant à cette décision permet de mettre en exergue le rôle majeur joué par le gouvernement fédéral. La volonté du MRN et du ministère des Finances de trouver une sortie de crise en dehors des tribunaux est particulièrement visible. Elle marque l'évolution de ce qui est d'abord considéré comme un conflit de nature commerciale vers un problème de dimension politique. Malgré le changement de gouvernement, qui intervient juste avant l'annonce de l'abandon du projet MAPLE-X10 par ÉACL, les conditions et termes contractuels définis durant l'ère Mulroney continuent d'influencer le cours et le résultat des négociations. Par exemple, ce n'est qu'après avoir consenti à un prêt de 100 M$ sans intérêt à MDS Nordion que le gouvernement parvient à éliminer la clause de l'entente sur le partage des revenus et à redéfinir le rôle d'ÉACL comme celui d'un fournisseur rémunéré sur la base de ses coûts de production réels. Cela montre que le nouveau gouvernement a bien analysé les raisons pour lesquelles ÉACL se trouve en difficulté sur le marché des isotopes. Mais son erreur est d'avoir interprété la décision d'ÉACL de mettre un terme au projet MAPLE-X10 comme une continuation de la politique du gouvernement Mulroney, alors qu'elle avait justement été prise en réaction à son encontre. Par conséquent, la solution négociée hors-cours et la reprise du projet en

[102] Comptes rendus des réunions de la CCSN, 25 juin 2003, p. 126. Disponible sur: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/the-commission/pdf/Minutes-July16-e.pdf, consulté le 15 juillet 2017.

juillet 1996 ne font que prolonger les conséquences des décisions prises avant la privatisation de Nordion.

Dans la seconde partie du chapitre, les enjeux du projet MMIR sont déplacés à l'extérieur des frontières du Canada. Aux États-Unis, la prise de conscience de la fragilité de la chaîne de production du Mo-99, et des impacts sanitaires qu'elle pourrait avoir, introduit un élément de pression supplémentaire dans les négociations sur la reprise du projet MMIR. Le constat posé par le DOE n'est toutefois pas suivi d'effets ou de mesures immédiates, en raison même de la structure du marché qui rend difficile l'entrée de nouvelles sources d'approvisionnement. Cet épisode américain marque également le début de l'internationalisation du contexte entourant le projet MAPLE, qui ne deviendra médiatiquement visible qu'après la 'crise des isotopes' à la fin des années 2000. L'influence du contexte politique prévalant aux États-Unis, visible en filigrane dans les années 1990, prendra plus tard une importance majeure dans la trajectoire du projet MMIR et constituera l'une des deux raisons principales de son abandon définitif en 2008.

Dans la troisième partie du chapitre, nous avons restitué les premières années du projet MMIR. L'obligation de mettre en service ses trois installations dans un laps de temps assez court et le manque de ressources exercent une pression élevée sur ÉACL tout autant que sur la CCSN. D'ailleurs, certains choix techniques, découlant directement de ces contraintes, s'avèrent ensuite déterminants dans les retards pris au début du projet MMIR. Ils finissent même par avoir l'effet inverse de ce qui était escompté, tel qu'illustré par la modification apportée au concept des cibles de Mo-99, en plein cœur des négociations pour la reprise du projet. Sensé rendre l'exploitation de la NPF moins coûteuse, ce choix technique introduit par ailleurs des incertitudes sur la sûreté du réacteur et nécessite la révision de plusieurs calculs et analyses qui ralentissent le projet et en augmentent le coût. L'examen des premières années du projet MMIR nous donne également l'occasion de constater que le réacteur MAPLE-1 connaît une trajectoire et des contraintes qui rejoignent par certains aspects celles du

MAPLE-X. Il valide notamment le constat du chapitre précédent voulant que l'approbation de construire le réacteur MAPLE-X10, délivrée par la CCEA en 1993, était une décision précipitée et, déjà, influencée par la nécessité de soulager le NRU et le FISST de la production du Mo-99.

La fin du chapitre traite de la défaillance des barres d'arrêts du SAU1, qui a mobilisé les énergies du projet durant près de deux ans et demi. Bien qu'elle traite d'un évènement incomparable en envergure, cette étude de cas rejoint, sur certains aspects, celle effectuée par Diane Vaughn sur le désastre de la navette Challenger. À rebours des explications se limitant aux facteurs techniques et aux erreurs d'individus, l'auteur y invoquait la culture organisationnelle de la NASA, l'environnement du projet et la routinisation de pratiques d'ingénieries risquées comme autant d'éléments précurseurs à l'accident[103]. Similairement, l'analyse de la défaillance des barres du SAU1 permet de mettre en exergue l'influence négative exercée par plusieurs enjeux entourant le projet MMIR, tant du côté d'ÉACL que de la CCSN: la nécessité de mettre fin à l'exploitation du NRU et du FISST, le risque d'interruption de la production de Mo-99, les pertes financières générées par l'entente commerciale avec Nordion, ainsi que le manque de ressources mobilisées sur le projet. Elle montre en particulier comment, au sein d'ÉACL, ces facteurs ont poussé à un relâchement des standards de qualité et à la banalisation de pratiques négligentes au niveau du contrôle des travaux d'ingénierie.

---

[103] Diane Vaughn, *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture and Deviance at NASA*, Chicago, University of Chicago Press, 1996.

CHAPITRE V - L'INFLUENCE DES POLITIQUES AMÉRICAINES DE NON-PROLIFÉRATION SUR LA TRAJECTOIRE DU PROJET MMIR

5.1 Introduction

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, la production des radio-isotopes est déplacée des cyclotrons vers les réacteurs nucléaires, avec pour conséquence d'en transférer la gestion des laboratoires universitaires aux agences nucléaires gouvernementales[1]. Aux États-Unis, cette transition confère à la production et à la circulation internationale des radio-isotopes deux dimensions politiques contradictoires. En 1946, l'interdiction de partager tout produit, matériel ou information en lien avec le programme nucléaire national, inscrite dans l'acte fondateur de la Commission de l'énergie atomique américaine, implique une impossibilité d'exporter des radio-isotopes. De fait, le partage de matériaux radioactifs sous cette forme est considéré comme équivalent à la fuite d'informations sur le programme nucléaire américain et un danger pour la sécurité intérieure du pays. La crainte de voir des radio-isotopes envoyés vers des pays étrangers éventuellement servir aux recherches militaires de l'Union Soviétique contribue au maintien d'un embargo américain sur leurs exportations, jusqu'en 1947 pour les requêtes des médecins et des biologistes et jusqu'en 1951 pour celles des physiciens et des ingénieurs. Le risque d'une propagation de technologies ou d'armes nucléaires concomitante à la circulation internationale des radio-isotopes, bien qu'irréaliste en pratique et relevant essentiellement de la propagande anti-communiste, constitue le premier aspect de la politisation des radio-isotopes dans les premières années de la Guerre froide[2].

---

[1] Angela Creager, *Life Atomic. A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2013, chapitres 3 et 4.

[2] Angela Creager, « Radioisotopes as Political Instruments, 1946-1953 », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 219-239.

À l'opposé du premier, le second aspect de cette politisation renvoie à l'instrumentalisation dont ont fait l'objet la production et les exportations de radio-isotopes pour promouvoir une image pacifique de l'atome et servir de caution morale aux investissements massifs dans les programmes nationaux d'énergie nucléaire civile et militaire. En ce sens, le discours *Atoms for Peace*, prononcé par le président Dwight Eisenhower au siège des Nations Unies en 1953, est emblématique d'une volonté politique de présenter le développement de l'énergie nucléaire civile comme le meilleur moyen de contrecarrer ses dérives militaires[3]. Dans la foulée de ce discours, la première conférence internationale *Atoms for Peace*, organisée à Genève en 1955, fait une part belle aux recherches et applications des radio-isotopes dans les domaines de la médecine, de la biologie et de l'agriculture. Ce thème est repris par plusieurs délégations, dont celles des États-Unis et de l'Union Soviétique, qui ont bien compris l'intérêt politique de la mise en avant de la production des radio-isotopes dans leurs programmes atomiques[4]. La promotion politique des applications biologiques et médicales de l'énergie nucléaire peut également être interprétée comme une opération de rachat symbolique après les explosions d'Hiroshima et Nagasaki, à travers la recherche d'une forme de « rédemption » dans l'étude des effets biologiques des radiations sur les humains et dans le développement la médecine nucléaire moderne[5].

Ces deux dimensions contradictoires illustrent l'ambiguïté de la ligne de démarcation entre applications civiles et militaires du développement industriel de l'énergie atomique, qui s'applique à la production des radio-isotopes dès le milieu des

---

[3] Richard G. Howlett et Jack M. Holl, *Atoms for Peace and War, 1953-1961: Eisenhower and the Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press, 1989.

[4] Bruno Strasser, *La fabrique d'une nouvelle science, La biologie moléculaire à l'âge atomique, 1945-1964*, Florence: Leo S. Olschki Editore, p. 23; John Krige, « Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence », *Osiris*, vol. 21, no. 1, 2006, pp. 161-181.

[5] Soraya Boudia, « Radioisotopes 'Economy of Promises': On the Limits of Biomedicine in Public Legitimization of Nuclear Activities », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 241-259.

années 1940. Même s'il se déploie sous une forme et dans un contexte historique différents, nous voulons montrer dans ce chapitre que le caractère ambivalent[6] de la production et de la circulation internationale des radio-isotopes médicaux, entre finalité pacifique affichée et risque sécuritaire sous-jacent, a joué un rôle important dans la structuration et les transformations du dispositif de production des radio-isotopes au Canada, en particulier dans le cadre du projet MMIR. En effet, depuis ses débuts en 1975, la production de Mo-99 dans les réacteurs de recherche d'ÉACL repose sur l'irradiation de « cibles » composées d'uranium hautement enrichi (HEU, pour *Highly Enriched Uranium*), matériau importé des États-Unis et entreposé, après usage, comme déchet radioactif dans les laboratoires canadiens de Chalk River. Le HEU a également des applications militaires bien connues puisqu'avec le plutonium, c'est l'un des matériaux les plus utilisés dans la fabrication d'armes atomiques. Une quantité d'environ 50 kilogrammes de HEU est par exemple suffisante pour obtenir une bombe similaire à celle que l'armée américaine a fait exploser sur Hiroshima le 6 août 1945[7]. Bien que la circulation du HEU entre les États-Unis et le Canada, qui remonte au début des années 1960, ne suscite initialement pas de controverse, la montée des questions de non-prolifération nucléaire, l'avènement du risque terroriste nucléaire et la volonté de certains États, réelle ou fantasmée, d'acquérir l'arme atomique constituent autant de facteurs qui remettent graduellement au premier plan la dimension sécuritaire de la production du Mo-99.

La remise en question des exportations de HEU vers le Canada débute à la fin des années 1970, avec l'adoption aux États-Unis de lois voulant contrer la prolifération

---

[6] Le politiste Itty Abraham va jusqu'à considérer l'ambivalence des dimensions pacifiques et militaires de l'atome comme une caractéristique intrinsèque et permanente du développement industriel de l'énergie nucléaire et non comme une simple question de choix politique. Voir: Itty Abraham, « The Ambivalence of Nuclear Histories », *Osiris*, vol. 21, no. 1, 2006, pp. 49-65; Itty Abraham, « Who's Next? Nuclear Ambivalence and the Contradictions of Non-Proliferation Policy », *Economic and Political Weekly*, vol. 45, no. 43, 2010, pp. 48-56.

[7] Frank von Hippel et Laura Kahn, « Feasibility of Eliminating the Use of Highly Enriched Uranium in the Production of Medical Radioisotopes », *Science and Global Security*, vol. 14, no. 2-3, 2006, p. 152.

internationale des armes nucléaires. L'objectif est alors de réduire les exportations américaines de HEU destinées à un usage nucléaire civil, d'abord en tant que combustible consommé dans les réacteurs de recherche puis, plus tard, dans les procédés de production des radio-isotopes médicaux. Au début des années 1990, l'adoption d'une législation encore plus restrictive sur les exportations américaines de HEU exerce une contrainte croissante sur le déroulement du projet MMIR au Canada. À la fin des années 2000, elle influence grandement la décision d'ÉACL et du gouvernement fédéral de mettre un terme définitif aux travaux de mise en service des réacteurs MAPLE. Ce chapitre a donc pour but, en restituant un pan inexploré des relations nucléaires entre le Canada et les États-Unis, de décrire les effets de la contradiction entre dimensions civile et militaire de la production du Mo-99 sur la trajectoire du projet MMIR.

Le chapitre se divise en trois parties. La première revient sur les origines et les circonstances de la mise en place du premier programme contraignant les exportations américaines de HEU, ainsi que ses implications au Canada. Instauré en 1978, le programme *Reduced Enrichment Research and Test Reactor* (RERTR) vise principalement à réduire l'utilisation de HEU dans les combustibles des réacteurs nucléaires de recherche à travers le monde. C'est dans le cadre du programme RERTR qu'ÉACL entame la conversion du réacteur NRU à l'utilisation de combustible à faible enrichissement, ce à quoi elle parviendra au début des années 1990. Anticipant l'application des contraintes du RERTR sur le réacteur MAPLE, alors au stade conceptuel, les ingénieurs de Chalk River incorporent dans leurs plans le même type de combustible que celui développé pour le NRU. ÉACL est donc consciente, dès le début des années 1980, du risque que fait peser l'évolution de la politique américaine de non-prolifération nucléaire sur la pérennité de sa production de Mo-99. Ce risque prend une ampleur supplémentaire en 1992 avec l'adoption d'une loi, connue sous le nom d'amendement Schumer, restreignant davantage la circulation internationale du HEU américain.

Les répercussions de cet amendement sur la trajectoire du projet MMIR sont analysées dans la seconde partie du chapitre. À partir de 1992, ÉACL se retrouve théoriquement dans l'obligation de produire du Mo-99 à partir de cibles d'uranium faiblement enrichi. Mais les contraintes de temps et d'argent pesant sur la réalisation du projet MMIR, ainsi que les intérêts commerciaux de MDS Nordion, conduisent ÉACL à maintenir dans les plans des réacteurs MAPLE un procédé de production ayant recours au HEU. Cette décision ne demeure pas sans conséquences puisque, dès 1998, la Commission américaine de réglementation nucléaire rend les exportations américaines de HEU vers le Canada conditionnelles à la mise en place d'un programme de conversion des installations du MMIR, qui sont alors déjà en chantier, à l'utilisation d'uranium faiblement enrichi. Cette perspective fait peser une incertitude supplémentaire sur un projet qui n'en manque déjà pas et constitue, du point de vue de MDS Nordion, un handicap inacceptable par rapport à ses concurrents qui ne sont pas soumis à la même obligation. Bien qu'elle fasse preuve en façade de sa volonté de collaborer au programme, la compagnie radio-pharmaceutique met en œuvre, dans les années 2000, diverses stratégies pour repousser l'échéance de la conversion à l'horizon le plus lointain possible.

Les stratégies de contournement de la législation américaine appliquées par Nordion, qu'elles se rapportent à des arguments techniques, économiques ou plus prosaïquement à des opérations de lobbying, font l'objet de la troisième et dernière partie du chapitre. Les enjeux technologiques de la conversion des installations du MMIR, notamment des installations de traitement des déchets radioactifs, sont préalablement exposés afin de démontrer que le principal obstacle à la réalisation de cet objectif n'est pas de nature technique. Il résulte plutôt d'un rapport de force entre la volonté du gouvernement américain de faire respecter sa législation et la position quasi-monopolistique occupée par Nordion sur le marché américain du Mo-99. D'un point de vue de politique de santé publique, le gouvernement américain est contraint de poursuivre ses importations canadiennes de Mo-99 qui sont sa principale source

d'approvisionnement disponible. Il ne peut toutefois continuer à le faire dans le cadre du procédé industriel reposant sur le HEU, au risque d'entrer en contradiction avec ses propres politiques de sécurité et de non-prolifération. D'un autre côté, MDS Nordion est dépendante de la disponibilité du HEU américain pour poursuivre son activité commerciale et, par conséquent, forcée de subir sa législation. Mais elle parvient à alléger cette contrainte en brandissant le risque d'une pénurie de radio-isotopes en cas d'interruption des exportations américaine de HEU, afin de maintenir une situation de *statu quo*. L'issue incertaine du rapport de force entre le gouvernement des États-Unis et MDS Nordion contribue en partie à la décision des autorités canadiennes de mettre fin au projet MMIR en mai 2008.

5.2 Les origines du programme RERTR et ses implications au Canada

L'uranium est un métal qui à l'état naturel est composé de trois isotopes: son isotope le plus abondant, l'uranium-238 (U-238), le constitue pour 99.27%, l'uranium-235 (U-235) pour 0.72% et l'uranium-234 pour 0.0055%. Les procédés industriels d'enrichissement de l'uranium reposent sur l'augmentation du pourcentage d'U-235 dans l'uranium naturel. Cet isotope est fissile, c'est-à-dire qu'étant soumis à un bombardement neutronique son noyau peut subir une fission nucléaire en se divisant en deux ou en plusieurs nucléides plus légers. L'enrichissement consiste donc à augmenter le pourcentage d'uranium fissile dans un combustible nucléaire, ce qui permet d'obtenir des puissances de réacteurs plus élevées sans avoir à augmenter la masse totale d'uranium dans leur cœur.

À partir des années 1950, les États-Unis, dans le cadre du programme *Atoms for Peace*, et l'URSS exportent plusieurs réacteurs nucléaires de recherche à travers le monde, alimentés pour la plupart avec du combustible à faible enrichissement (LEU

pour *Low Enriched Uranium*)[8]. Cependant, l'augmentation graduelle des puissances des réacteurs de recherche, rendue nécessaire par les exigences expérimentales de la *big science* nucléaire, requiert des combustibles de plus en plus concentrés en uranium fissile. Deux options peuvent alors être envisagées pour obtenir de tels combustibles. La première consisterait à développer des alliages dont le faible enrichissement serait compensé par une densité d'uranium plus élevée. Cette solution impliquerait d'augmenter la masse volumique d'uranium dans des combustibles enrichis à moins de 20% en U-235 et généralement composés d'alliages d'uranium et de silicium ou d'uranium et d'aluminium[9]. La seconde option consisterait à augmenter le pourcentage d'enrichissement des combustibles en U-235, sans faire varier la densité d'uranium du combustible.

Dans les années 1960, la production de HEU, avec des concentrations d'U-235 oscillant entre 90 et 93%, est rendue techniquement et économiquement accessible grâce au développement des centrifugeuses à gaz, qui viennent s'ajouter aux techniques de diffusion gazeuse connues depuis l'époque du projet Manhattan[10]. Au Canada, les combustibles à l'uranium naturel des réacteurs NRX et NRU, mis en service en 1947 et 1957, sont convertis au HEU entre 1962 et 1963. L'utilisation de ces deux réacteurs de recherche comporte elle-même un caractère ambivalent puisqu'ils servent à faire avancer le programme de recherche nucléaire canadien, qui s'affiche comme pacifique,

---

[8] Frank von Hippel, « A Comprehensive Approach to Elimination of Highly-Enriched-Uranium form all Nuclear-Reactor Fuel Cycles », *Science & Global Security*, vol. 12, no. 3, 2004, p. 138.

[9] J.L. Snelgrove et al., « Development of Very-High-Density Low-Enriched-Uranium Fuels », *Nuclear Engineering and Design*, vol. 178, no. 1, 1997, pp. 119-126.

[10] John Krige, « Hybrid Knowledge: The Transnational Co-production of the Gas Centrifuge for Uranium Enrichment in the 1960s », *British Journal for the History of Science*, vol. 45, no. 3, 2012, pp. 337-357; Susanna Schrafstetter et Stephen Twigge, « Spinning into Europe: Britain, West Germany and the Development of the Gas Centrifuge 1964-1970 », *Contemporary European History*, vol. 11, no. 2, 2002, pp. 253-272.

tout en produisant du plutonium destiné au programme militaire américain[11]. Les raisons de la conversion du NRX et du NRU sont d'ailleurs liées au fait que les contrats de vente de plutonium aux États-Unis, qui avaient motivé les choix initiaux d'alimenter les réacteurs de recherche canadiens en uranium naturel, cessent au début des années 1960.

La conversion du NRX et du NRU comporte deux avantages importants pour leur mission désormais essentiellement tournée vers la R&D: un combustible HEU les doterait de flux neutroniques plus élevés d'approximativement 50% et leur permettrait de supporter de plus importantes charges expérimentales[12]. À l'échelle internationale, la disponibilité du HEU mine les efforts entrepris pour développer des combustibles LEU à densité élevée d'uranium, la solution alternative aux techniques d'enrichissement. Dès lors, les réacteurs de recherche qui sont construits à travers le monde, en particulier ceux qui bénéficient du soutien technologique des États-Unis, utilisent pour une grande majorité du combustible HEU, même lorsqu'un recours au LEU suffirait aux besoins de leurs opérateurs[13]. En 1977, près de 156 réacteurs de recherche disséminés à travers 40 pays sont alimentés par du combustible HEU d'origine américaine, exigeant des exportations annuelles de 1200 kg et un inventaire permanent de 5000 kg[14].

Au milieu des années 1970, un événement vient cependant remettre en cause la poursuite des exportations américaines de HEU. Le 18 mai 1974, l'Inde réalise un test

---

[11] Duane Bratt, « Canada's Nuclear Schizophrenia », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 58, no. 2, 2002, pp. 44-50.

[12] D.G. Hurst (dir.), *Canada Enters the Nuclear Age*, *op. cit.*, p. 52 et pp. 54-55.

[13] Anya Loukianova et Christina Hansell, « Leveraging U.S. Policy for a Global Commitment to HEU Elimination », *The Nonproliferation Review*, vol. 15, no. 2, 2008, p. 161.

[14] Armando Travelli et al., « Development and Transfer of Fuel Fabrication and Utilization Technology for Research Reactors », *International Conference on Nuclear Technology Transfer*, Buenos Aires, Argentine, 1-5 novembre 1982, pp. 1-2.

atomique souterrain dans le désert du Rajasthan. Le plutonium utilisé pour fabriquer cette bombe a été produit à partir du réacteur de recherche civil CIRUS (Canada India Research Utility Services), livré à l'Inde par ÉACL et le gouvernement du Canada en 1954, le gouvernement américain ayant fourni de son côté l'eau lourde nécessaire au fonctionnement du réacteur[15]. Bien que le réacteur CIRUS utilise de l'uranium naturel comme combustible, l'explosion indienne met brutalement en lumière les dangers militaires que peuvent comporter les activités nucléaires civiles, ainsi que les vulnérabilités du programme *Atoms for Peace*[16]. Dans ce contexte, la question de la circulation et du commerce international du HEU se pose avec acuité tant aux États-Unis qu'en URSS[17]. Aux États-Unis, l'administration Carter, arrivée au pouvoir en janvier 1977, promet de revoir les politiques nationales relatives à la gestion du cycle du combustible irradié et annonce au mois d'avril une politique en sept points qui comprend l'exigence d'augmenter la capacité de production américaine de combustibles nucléaires à faible enrichissement[18].

Un an plus tard, en mars 1978, le *Nuclear Non-Proliferation Act* est adopté par le Congrès américain. Cette loi vise à mettre en place les conditions de contrôles internationaux et les assurances nécessaires permettant d'éviter le renouvellement de scénarios du type indien avec d'autres pays désirant acquérir du matériel nucléaire en provenance des États-Unis[19]. La même année, le gouvernement américain met sur pied

---

[15] Duane Bratt, *The Politics of CANDU Exports*, Montréal, Kingston, McGill-Queens University Press, 2005, pp. 118-128.

[16] Itty Abraham, *The Making of the Indian Bomb: Science, Secrecy and the Postcolonial State*, London, New York, Zed Books, St. Martin's Press, 1998.

[17] Frank von Hippel, « A Comprehensive Approach to Elimination of Highly-Enriched-Uranium », *op. cit.*, p. 143.

[18] Gene Rochlin, *Plutonium, Power and Politics. International Arrangements for the disposition of Spent Nuclear Fuel*, Berkeley, University of California Press, 1979, p. 165.

[19] Sharon Squassoni, « Looking Back: The 1978 Nuclear Nonproliferation Act », *Arms Control Association*, 4 décembre 2008. Disponible sur: https://www.armscontrol.org/act/2008_12/lookingback_NPT, consulté le 10 janvier 2018.

un programme international de conversion des réacteurs nucléaires de recherche vers du combustible LEU enrichi à moins de 20% en U-235. Cette valeur, bien qu'arbitraire, est considérée comme le seuil en dessous duquel il devient virtuellement impossible de produire des armes nucléaires, en raison de la masse critique d'uranium extrêmement élevée qui est nécessaire pour fabriquer une bombe. Ainsi, sous la responsabilité du Department of Energy (DOE), le programme RERTR voit le jour en 1978 au laboratoire national d'Argonne. Son principal objectif est de développer des combustibles LEU à densité élevée, afin d'atteindre des performances de réacteurs similaires à celles obtenues avec du combustible HEU. Mais le programme ne se limite pas à cette activité. Y sont également réalisées des expériences visant à convaincre les opérateurs de réacteurs, à l'intérieur et hors des États-Unis, que leurs installations peuvent produire des radio-isotopes médicaux avec du combustible LEU[20]. Bien qu'il ne soit qu'incitatif, les efforts consentis dans le cadre du programme RERTR ont un impact manifeste dans les années 1980, puisque tous les réacteurs de recherche construits à travers le monde durant cette période utilisent du combustible LEU[21].

En 1980, 59 pays signataires du traité sur la non-prolifération des armes nucléaires[22], dont le Canada, s'entendent sur le fait que le commerce et l'utilisation répandue de HEU constituent un risque de prolifération et recommandent, par conséquent, de réduire son utilisation dans le domaine de l'énergie atomique civile[23].

---

[20] A. Travelli, D. Stahl et T. Shibata, « The U.S. RERTR Program, its Fuel Development Activities, and Application in the KUHFR », *Transactions of the American Nuclear Society*, vol. 36, 1981, p. 92.

[21] Alan J. Kuperman (dir.), *Nuclear Terrorism and Global Security: The Challenge of Phasing out Highly Enriched Uranium*, London, Routledge, 2014, p. 7.

[22] Le traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) a été signé en 1968 par les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Union Soviétique et une quarantaine d'autres pays. Il vise à éviter le risque de propagation des armes nucléaires à travers le monde. Voir George Bunn, « The Nuclear Nonproliferation Treaty: History and Current Problems », *Arms Control Today*, vol. 3, no. 10, 2003, pp. 4-10.

[23] Christina Hansell, « Practical Steps Toward a World without Civilian HEU », *The Nonproliferation Review*, vol. 15, no. 2, 2008, p. 289.

La même année, ÉACL entame dans le cadre du programme RERTR la conversion de son réacteur NRU à l'utilisation de combustible LEU. ÉACL ne produisant pas elle-même de HEU, le fonctionnement de ses réacteurs de recherche repose entièrement sur du combustible importé des États-Unis. Le Canada a également un intérêt particulier à participer au programme RERTR. D'une part, il porte une partie de la responsabilité morale de la réussite du test atomique indien. D'autre part, la volonté du gouvernement américain de réduire l'usage du combustible HEU n'est pas feinte puisque ce dernier peut aller jusqu'à la suspension de ses exportations, lorsqu'il le juge nécessaire. Par exemple, en février 1988, les laboratoires nucléaires d'Oak Ridge interrompent pendant plusieurs semaines leurs envois de HEU aux deux principaux producteurs de Mo-99 en Amérique du Nord, Cintichem aux États-Unis et ÉACL au Canada. Même si les raisons réelles de cette interruption ne sont pas explicitées, un article du *Nuclear Journal of Medicine* l'impute à des rumeurs de mouvements clandestins d'uranium faiblement enrichi de l'Allemagne vers le Pakistan et la Lybie, qui auraient poussé les États-Unis à interrompre momentanément et inspecter leur programme de transport de matériaux fissiles. Responsable des affaires publiques aux laboratoires de Chalk River, Hal Tracey, indique alors qu'un « embargo » prolongé de HEU mènerait rapidement à l'interruption de la production de Mo-99 dans le réacteur NRU[24].

À la fin de la décennie 1980, des expériences menées à Chalk River aboutissent au développement d'un combustible LEU composé d'un alliage d'uranium, d'aluminium et de silicium (Al-U_3Si). La principale difficulté expérimentale à surmonter pour obtenir cet alliage consistait à développer un combustible faiblement enrichi en uranium cinq fois plus dense que le combustible HEU utilisé auparavant. Les performances du nouveau combustible sont jugées très satisfaisantes par les ingénieurs d'ÉACL puisque: « les examens effectués après l'irradiation confirment que

[24] Karla Harby, « Enriched uranium embargo risked Mo-99/Tc-99m supply », *Journal of Nuclear Medicine,* vol. 29, no. 6, juin 1988, pp. 1003-1005.

le rendement du combustible LEU [est] comparable à celui du combustible HEU »[25]. Le combustible développé sera non seulement incorporé dans le NRU, mais aussi dans les plans de conception du nouveau réacteur de recherche MAPLE-X[26]. Des expériences visant à développer des cibles LEU utilisées pour la production du Mo-99 sont également réalisées à partir du milieu des années 1980. Si cet objectif était atteint, Chalk River rencontrerait alors les objectifs du RERTR non seulement dans son volet R&D mais également dans son programme de production de radio-isotopes.

Afin de réduire ses coûts de R&D, le programme de développement des cibles LEU s'appuie sur les travaux réalisés pour la fabrication du nouveau combustible faiblement enrichi: « to keep costs down, LEU targets for Mo-99 production should use reactor fuel »[27]. Les ingénieurs d'ÉACL s'appuient notamment sur des techniques similaires de dispersion de silicium et d'uranium dans des substrats d'aluminium, visant à obtenir des alliages qui soient les plus homogènes possibles. Les premiers résultats sont plutôt décevants, car le principal procédé développé par ÉACL génère du dioxyde de silicium (SiO_2) lors de la dissolution chimique des cibles LEU pour en extraire le Mo-99. Il en résulte un taux de récupération du radio-isotope qui est de moitié inférieur à celui obtenu avec des cibles HEU. Par conséquent, on recherche des matériaux alternatifs pour fabriquer les cibles LEU, afin d'aboutir à un alliage qui élimine le recours au silicium. Lors d'une conférence organisée par le RERTR à l'automne 1987, les ingénieurs d'ÉACL, même s'ils font état de « difficultés techniques considérables », se montrent tout de même confiants en la faisabilité du

[25] D.F. Sears, M.D. Atfield et I.C. Kennedy, « La conversion du NRU du combustible HEU au combustible LEU », rapport AECL-10095, novembre 1989, p. i.

[26] W. Heeds, « The MAPLE-X concept dedicated to the production of radio-isotopes », rapport AECL-8837, juin 1985, p. 3.

[27] K.A. Burrill et R.J. Harrison, « Development of the Mo-99 Process at CRNL », Rapport AECL-9621, novembre 1987, p. 4.

projet de conversion des cibles: « there are reasons to be optimistic about the feasibility of fabricating LEU targets for Mo-99 production »[28].

En mai 1990, la seule source de production de Mo-99 aux États-Unis se tarit avec l'arrêt du réacteur de Cintichem. La consommation de Tc-99m des hôpitaux américains ne cesse quant à elle de croître, la production du NRU s'étant multipliée par dix en l'espace de dix ans[29]. En décembre de la même année, des gestionnaires de Chalk River se présentent devant le Comité conjoint Canada/États-Unis sur les affaires nucléaires pour discuter de l'approvisionnement futur d'ÉACL en HEU. Avec l'arrêt des activités commerciales de Cintichem, des quantités plus élevées de HEU doivent désormais être exportées vers le Canada, soit environ 16 kilogrammes par année. La discussion se concentre sur les cibles de Mo-99, puisque la capacité du NRU à fonctionner avec du combustible LEU a déjà été démontrée[30]. ÉACL s'attend à ce que son programme de conversion nécessite un renouvellement des permis et la requalification des procédés de production des cibles LEU auprès de la CCEA et de la Food and Drug Administration américaine. Ces démarches réglementaires, conjuguées au travail de R&D qui devra être accompli pour obtenir un concept techniquement et économiquement acceptable, devraient permettre l'incorporation de cibles LEU dans les réacteurs NRU et MAPLE au début des années 2000. C'est du moins l'objectif auquel s'engage ÉACL durant cette rencontre[31].

---

[28] D.F. Sears, L.C. Berthiaume et L.N. Herbert, « Fabrication and Irradiation Testing of LEU Fuels at CRNL – Status as of 1987 September », *Proceedings of the International Meeting on RERTR, Buenos Aires, Argentine*, 28 septembre-2 octobre 1987, p. 160.

[29] Burrill et Harrison, *op. cit.*, p. 1.

[30] La conversion du NRU au combustible LEU sera achevée avec succès à Chalk River en 1993. Voir: D.F. Sears et N. Wang, « AECL Research Reactor Fuel Development at AECL », paper to be presented at the *International Meeting on reduced Enrichment for Research and Test Reactors (RERTR)*, Las Vegas, Nevada, 1-6 octobre 2000, p. 1.

[31] J.B. Slater, « The Program on Future HEU Supply for AECL's Radioisotope Production Operation », présentation faite devant le *Joint Canada/US Committee on Nuclear Affairs*, archives personnelles de Alan J. Kuperman.

Dans la foulée de la première guerre du Golfe, des rumeurs faisant état d'un projet de bombe atomique en Irak remettent les questions de non-prolifération à l'ordre du jour aux États-Unis[32]. En juin 1992, au début du premier mandat présidentiel de Bill Clinton, la politique de non-prolifération américaine connaît un tournant important, avec l'inclusion de l'« amendement Schumer » dans la loi sur la politique énergétique des États-Unis (*Energy Policy Act*). Cet amendement, porté par le député démocrate Charles Schumer, vise à mettre en place les conditions permettant de réduire les exportations américaines de HEU à un seuil minimal. Son adoption marque aussi un regain d'intérêt pour le programme RERTR, après que ce dernier eut traversé une période de sous-financement sous la précédente administration de George Bush[33]. L'amendement Schumer stipule que, pour continuer à recevoir du HEU américain, trois critères doivent être remplis par un opérateur de réacteur nucléaire : premièrement, qu'il n'existe encore aucun concept de combustible ou de cible LEU adaptés au réacteur concerné par l'amendement; deuxièmement, que l'opérateur s'engage à convertir ses installations à l'utilisation du LEU dès que cela deviendrait techniquement et économiquement possible; troisièmement, que le gouvernement américain participe activement au développement d'un combustible ou d'une cible alternatifs adaptés au fonctionnement du réacteur[34].

Ce changement à la politique de non-prolifération américaine introduit une incertitude supplémentaire sur le marché du Mo-99, déjà marqué par sa dépendance à un nombre restreint de réacteurs à travers le monde. À moyen terme, il contraint les

---

[32] Mark Hibbs, « Iraqi Revelations justify RERTR and remote monitoring, Blix says », *Nucleonics Week*, vol. 36, no. 39, 28 septembre 1995, p. 13.

[33] Dave Airozo, « Nonproliferation low-enriched fuel program faces another budget crisis », *Nuclear Fuel*, vol. 14, no. 19, 18 septembre 1989, p. 4.

[34] Michael Knapik, « NCI calls for NRC hearings on applications to ship HEU to Canada for Mo-99 targets », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 4, 23 février 1998, p. 16.

producteurs à adopter un procédé dont l'efficacité technique est loin d'avoir été éprouvée et induit des coûts d'exploitation supplémentaires encore difficiles à évaluer. En l'absence de données économiques fiables, qui sont gardées secrètes par les compagnies radio-pharmaceutiques telles que MDS Nordion, il est en effet difficile d'évaluer l'impact qu'aura une conversion de la production de Mo-99 vers le LEU sur le prix de vente d'un générateur de Tc-99m. Une année après l'adoption de l'amendement Schumer, le vice-président de Nordion, Iain Trevena, assure ainsi que ce coût sera « considérable », sans pour autant le chiffrer. Un avis différent de celui d'Armando Travelli, responsable du programme RERTR au laboratoire d'Argonne, qui estime que les marges de profits réalisés sur le marché du Mo-99/Tc-99m sont suffisamment élevées pour permettre une augmentation des coûts induits par l'introduction de procédés LEU[35].

En juillet 1996, quatre ans après l'entrée en vigueur de l'amendement Schumer, l'annonce de la reprise du projet MMIR par ÉACL et Nordion ne fait aucune mention de l'utilisation de cibles LEU dans les réacteurs MAPLE. Tel que prévu dans la conception initiale du MAPLE-X, l'uranium utilisé dans les cibles du réacteur demeure enrichi à 93%. ÉACL affirme qu'une modification sera bel et bien apportée aux cibles, mais celle-ci consiste uniquement à en changer la composition métallurgique d'un alliage aluminium-uranium-silicium (Al-U_3Si_2) vers du dioxyde d'uranium (UO_2)[36]. Pour comprendre les raisons de ce changement de conception, qui n'est pas sans lien avec la question du recours au HEU dans les réacteurs MAPLE, il faut revenir aux fondements du procédé de production et de traitement du Mo-99 développé à Chalk River depuis le début des années 1970.

---

[35] Joe Rojas-Burke, « Ban on enriched uranium exports intended against bomb builders also affects radiopharmaceutical makers », *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 34, no. 3, 1993, p. 28N.

[36] Ray Silver, « Nordion, AECL want speedy approval for MAPLE reactors, isotope plant », *Nucleonics Week*, vol. 37, no. 35, 29 août 1996, p. 4.

Les cibles HEU utilisées à Chalk River sont des alliages cylindriques creux longs de 15 centimètres et enrobés d'une mince couche d'aluminium. Elles sont généralement irradiées dans le cœur du NRU durant treize jours consécutifs, durée après laquelle leur teneur en Mo-99 atteint son maximum. Une fois retirées du réacteur, les cibles sont plongées dans une solution d'acide nitrique (HNO_3) qui en dissout l'enrobage d'aluminium. La solution résultant de ce procédé de dissolution est aspirée à travers un cylindre de verre où se trouve une colonne d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) sur laquelle viennent se fixer les atomes de Mo-99 par un procédé d'adsorption. Cette colonne est à nouveau rincée dans de l'acide nitrique dilué, de l'eau puis du NH_4OH avant le recouvrement du Mo-99 par élution, un procédé qui consiste à mettre en solution un composant adsorbé, ici le Mo-99, à l'aide d'un solvant. La solution de Mo-99 obtenue est alors envoyée aux installations de MDS Nordion à Kanata, situées à deux heures de Chalk River, où elle subit un nouveau procédé de purification avant d'être conditionnée et distribuée par avion à des compagnies radio-pharmaceutiques aux États-Unis et à travers le monde. Quant aux déchets radioactifs liquides résultant des différents procédés de traitement chimique des cibles, ils sont stockés dans des réservoirs sur le site de Chalk River[37].

Ce procédé de production HEU, connu et maîtrisé depuis plusieurs années par ÉACL, a deux inconvénients majeurs. Premièrement, près de 97% de l'uranium présent dans les cibles se retrouve dans les déchets produits dans le processus de traitement chimique. Cela signifie que le Mo-99 obtenu ne provient en réalité que de 3% du HEU utilisé. Par conséquent, une quantité importante de HEU se retrouve dans les déchets radioactifs issus de la production des radio-isotopes. Bien qu'il soit possible d'envisager le recyclage du HEU pour obtenir de nouvelles cibles, le coût du procédé

[37] Burrill et Harrison, *op. cit.*, p. 4.

est jugé prohibitif comparativement au rachat de HEU « frais » auprès des États-Unis[38]. Durant plusieurs années, il a donc été nécessaire de mélanger ces déchets liquides hautement radioactifs à du ciment pour obtenir une mixture solide stockée dans des seaux de 20 litres dans les sous-sols du site de Chalk River[39]. Le deuxième inconvénient du procédé de production HEU est l'importante quantité d'aluminium qui se retrouve dans les déchets radioactifs, puisque ce métal est présent non seulement dans l'alliage de la cible mais également dans son revêtement.

Le changement de conception annoncé par ÉACL en juillet 1996, remplaçant les cibles en aluminium par du dioxyde d'uranium, vise donc à réduire les coûts du traitement des déchets radioactifs dans ses nouvelles installations (NPF pour *New Prcessing Facility*). Par ailleurs, cette modification facilite le processus de solidification des déchets liquides et réduit certains besoins de stockage à long terme: « The major advantage of this proposed change is that it facilitates solidification of radioactive waste that will be produced in the NPF. Thus, it will eliminate the need for long-term storage of high-level radioactive liquid wastes that is a feature of the current Mo-99 Production Facility at Chalk River Laboratories »[40]. En somme, la décision de reprendre le projet MMIR avec des cibles UO_2 est avant tout dictée par le souci de minimiser les coûts d'opération du site de production.

Le maintien du procédé HEU semble avoir été motivé par un souci similaire. En effet, selon le vice-président de MDS Nordion, Iain Trevena, la décision de conserver des cibles HEU découle de l'obligation de garantir une production régulière de Mo-99 à ses clients. Tel que décrit au chapitre précédent, au milieu des années 1990,

---

[38] NRC Committee on Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium, *Medical Isotope Production without Highly Enriched Uranium*, Washington, The National Academy Press, 2009, p. 151.

[39] K.A. Burrill et R.J. Harrison, *op. cit.*, p. 3.

[40] Document CCEA, « Approbation de construire relativement au projet de production d'isotopes médicaux de MDS Nordion – réacteurs MAPLE », BMD 97-185, RG 60, BAN 1998-01823-7, 28 octobre 1997, p. 6.

la stabilité de l'approvisionnement du marché américain en Mo-99 dépend entièrement du remplacement du seul réacteur de production alors disponible en Amérique du Nord, le NRU, par les deux réacteurs MAPLE. Le procédé HEU est celui qui introduit le moins d'incertitudes dans cette entreprise, puisqu'il est connu et maîtrisé depuis deux décennies tant du point de vue du comportement des cibles irradiées que du traitement chimique menant à l'extraction du Mo-99. L'utilisation de cibles LEU, bien que techniquement envisageable, comme en attestent les travaux réalisés par les ingénieurs de Chalk River entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990, nécessiterait un travail de R&D long et coûteux, retardant ainsi l'entrée en opération du nouveau complexe de production. Il faudrait également obtenir de nouvelles autorisations de la part de la Food and Drug Administration pour commercialiser le Mo-99 aux États-Unis, alors que la conservation du procédé HEU réduirait considérablement ces démarches. Iain Trevena résume ainsi la situation[41]:

> So why did we move to a HEU target? We were faced in '95-'96, and we talked to our customers with a time issue, they were looking for security of supply to be addressed in the fastest way possible. We looked at an HEU target as being something that we knew how to handle. We knew what the results were likely going to be. We knew that when we went to the FDA to explain what our new process would be, we would certainly be using a new reactor, which would be an issue for them. We also knew that the process chemistry would be almost the same [...] The key thing from our perspective is that we felt that if we moved to the use of some other target material it's going to put our project in jeopardy.

5.3 L'impact de l'amendement Schumer sur la trajectoire du projet MMIR

La réaction des États-Unis à l'annonce de la reprise du projet MMIR survient en septembre 1997, par l'intermédiaire d'un échange de notes diplomatiques entre l'ambassade du Canada aux États-Unis et le département d'État, équivalent américain

---

[41] Témoignage de Iain Trevena lors d'une réunion publique tenue par la United States Nuclear Regulatory Commission (NRC), « USNRC Public Meeting. Briefing on Proposed Export of High Enriched Uranium to Canada », 16 juin 1999, pp. 20-21.

du ministère canadien des affaires étrangères. La question du recours au HEU dans les cibles des réacteurs MAPLE constitue le cœur de cet échange. Afin que le projet puisse démarrer dans les délais imposés par le contrat conclu entre ÉACL et Nordion, sans contrevenir pour autant à la législation Schumer, les deux gouvernements s'entendent sur deux points essentiels. Premièrement et tel que stipulé dans la première condition de l'amendement, les réacteurs MAPLE devront fonctionner avec des cibles LEU dès que ces dernières seront disponibles et leur utilisation avalisée par les autorités réglementaires canadiennes et américaines. Toutefois, il est ajouté que les cibles LEU proposées ne devront pas induire une augmentation importante du coût d'opération des réacteurs MAPLE et de la NPF. Deuxièmement, les deux gouvernements s'engagent, si nécessaire, à se consulter sur toute question relative à l'utilisation des cibles LEU dans les réacteurs MAPLE, qu'elle soit d'ordre technique, économique, environnemental ou réglementaire. Ces consultations fourniraient le substrat d'informations nécessaires pour déterminer l'adéquation éventuelle d'un concept de cible LEU au fonctionnement des installations de production de Chalk River[42].

S'ils permettent d'éviter le ralentissement du projet MMIR, les termes de l'entente entre les deux gouvernements demeurent flous. En particulier, le coût à partir duquel la conversion des réacteurs MAPLE et de la NPF vers des cibles LEU deviendrait rédhibitoire n'est pas clairement établi. Il n'est pas non plus précisé si les coûts de R&D à accomplir pour aboutir à un concept de cible LEU techniquement et économiquement acceptable seraient assumés par les laboratoires canadiens ou américains. Ainsi, dans un document subséquent transmis au département d'État américain, l'ambassadeur du Canada affirme que son pays: « is not and does not intend to be part of a research and development program aimed at developing an LEU target

[42] Échange de notes diplomatiques entre l'ambassade du Canada au États-Unis et le département d'État américain, 4 septembre 1997. Disponible sur le site du USNRC: https://www.nrc.gov/docs/ML0037/ML003732628.pdf, consulté le 19 juillet 2017.

»[43], signifiant ainsi qu'ÉACL n'est nullement prête à défrayer les coûts de conversion de ses réacteurs et que cette responsabilité devrait par conséquent incomber au gouvernement des États-Unis. Une source anonyme au sein du gouvernement américain prétend même qu'ÉACL s'est montrée claire quant au fait que le programme de développement de cibles LEU: « is a U.S. program that does not require expenditures from AECL »[44]. En effet, les deux réacteurs MAPLE ont été conçus au Canada pour utiliser des cibles HEU et aucune obligation réglementaire canadienne ne force ÉACL à convertir ses installations au LEU. Toutefois, les deux entreprises, ÉACL et Nordion, se montrent disposées à fournir des informations et certains services de consultation au laboratoire d'Argonne, mais « sur une base commerciale et dans la mesure de leurs capacité »[45]. ÉACL se dit par exemple prête à travailler sur un programme américain de conversion des installations de Chalk River au LEU, mais à un taux horaire de 200$ pour tout spécialiste canadien qui y serait impliqué. Les responsables d'Argonne avaient plutôt espéré obtenir un financement du gouvernement du Canada pour lancer un tel programme[46].

Les réticences canadiennes à coopérer avec le laboratoire d'Argonne dans le cadre du programme RERTR ne sont pas uniquement le fait d'ÉACL. En réalité, la partie la moins encline à participer à un programme de conversion est plutôt MDS Nordion, puisque cela la placerait dans une position désavantageuse par rapport à Mallinckrodt, son principal concurrent sur le marché du Mo-99. Tel qu'exposé au chapitre précédent, cette entreprise radio-pharmaceutique américaine, tirant parti de la fragilité de la chaine d'approvisionnement de Mo-99 vers les États-Unis, était parvenue

---

[43] Cité dans: Michael Knapik, « State urges export of HEU to Canada, but Cooperation with Argonne not set », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 8, 20 avril 1998, p. 2.

[44] Cité dans: Michael Knapik, « NCI calls for NRC hearings », *op. cit.*

[45] Michael Knapik, « State urges export of HEU to Canada », *op. cit.*

[46] Michael Knapik, « Status of LEU target program at Argonne may again be an issue in NRC export case », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 5, 14 décembre 1998, p. 19.

à établir en 1996 sa propre production dans le réacteur public HFR situé aux Pays-Bas. Comme dans les réacteurs MAPLE, les cibles utilisées pour produire le Mo-99 de Mallinckrodt sont fabriquées avec du HEU. Mais ce dernier est importé du Royaume-Uni, qui n'applique aux Pays-Bas aucune obligation ou restriction du type de celles imposées par l'amendement Schumer au Canada. La production de Mo-99 à partir d'un procédé LEU étant, selon les connaissances et les technologies disponibles au milieu des années 1990, plus onéreuse, Nordion se retrouverait clairement pénalisée si l'obligation de conversion ne s'appliquait qu'à elle et pas à son concurrent. Cet obstacle commercial est reconnu même par les plus fervents défenseurs de l'amendement Schumer aux États-Unis, tel que le président du Nuclear Control Institute (NCI), Paul Leventhal: « Mallinckrodt has effectively gone off-shore and escaped the Schumer Amendment by using a European reactor where U.S. law does not apply because Britain supplies the HEU with no strings attached »[47].

5.3.1 L'action décisive du Nuclear Control Institute

Basé à Washington D.C., le NCI se définit comme une organisation sans but lucratif activement engagée dans la dissémination d'informations relatives aux risques de prolifération nucléaire dans le monde. Elle milite en particulier pour la restriction et l'élimination à long terme des exportations de HEU à partir des États-Unis. Composé de moins d'une dizaine de personnes, le NCI est une organisation de taille modeste, mais dotée d'une expertise reconnue dans les questions de non-prolifération. À partir de 1998, le NCI joue un rôle majeur dans l'application des termes de l'amendement Schumer au projet MMIR. Ses démarches auprès des autorités américaines de réglementation nucléaire vont également contraindre ÉACL et Nordion à accentuer leur collaboration au programme RERTR. L'efficacité de l'action du NCI dans le

[47] Communiqué du NCI, « NRC approves export of bomb-grade uranium to Canada after winning Canadian pledge to develop safer alternative », 10 juin 1998. Disponible sur le site du NCI: http://www.nci.org/pr/pr61098.htm, consulté le 19 juillet 2017.

dossier des exportations de HEU vers le Canada réside dans le fait que ses deux principaux intervenants, Paul Leventhal et Alan Kuperman, ont déjà participé activement par le passé à l'élaboration des politiques américaines de non-prolifération les plus emblématiques.

Le président du NCI, Paul Leventhal, est journaliste de formation et possède une longue expérience dans les questions de réglementation de l'énergie nucléaire civile et militaire aux États-Unis. Ayant œuvré au sein du sous-comité sénatorial à la réglementation nucléaire, il a grandement contribué à l'élaboration de deux lois majeures dans les années 1970: l'*Energy Reorganization Act* en 1974, qui sépare les rôles de promotion et de contrôle de l'énergie nucléaire aux États-Unis entre deux agences publiques distinctes, et le *Nuclear Non-Proliferation Act* en 1978, qui établit des contrôles plus stricts sur le commerce nucléaire américain et vise à minimiser les risques de prolifération. L'autre intervenant régulier dans le dossier du MMIR est Alan J. Kuperman. Titulaire d'un doctorat en sciences politiques du MIT, il agit au sein du NCI en tant qu'analyste politique senior. Kuperman a une excellente expérience des questions internationales de non-prolifération puisqu'il a fait partie, en tant que directeur législatif, de l'équipe qui a fait adopter en 1992 l'amendement Schumer au parlement américain[48].

La première intervention du NCI dans la question des exportations de HEU vers le Canada survient au début de l'année 1998. Afin d'obtenir une licence d'exportation de HEU des États-Unis, ÉACL doit obtenir l'autorisation préalable du United States Nuclear Regulatory Commission (NRC), le régulateur de l'énergie nucléaire aux États-Unis, équivalent de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA). ÉACL formule ses demandes de licences auprès du NRC à travers l'entreprise américaine Transnuclear Inc., qui se spécialise dans le transport, le stockage et la gestion de matériaux radioactifs. En octobre 1997, Transnuclear soumet auprès du NRC deux

[48] Voir les biographies de Paul Leventhal et Alan Kuperman sur le site du NCI: http://www.nci.org/.

requêtes d'exportation vers les laboratoires de Chalk River. L'une pour 3 kg de HEU, dans le cadre de la mise en service des deux réacteurs MAPLE, l'autre pour 27 kg de HEU destinés à la production régulière de Mo-99 dans le réacteur NRU. Dans les premiers mois de l'année 1998, Paul Leventhal demande au NRC que la requête d'ÉACL soit sujette à une audience publique où le NCI compte démontrer que l'octroi d'une licence d'exportation entrerait en violation avec les termes de l'amendement Schumer. Plus précisément, c'est le troisième critère de l'amendement qui poserait problème puisque, selon Leventhal, le gouvernement des États-Unis ne mènerait aucun programme actif de développement de cible LEU, que ce soit pour les réacteurs MAPLE ou pour le NRU.

Le président du NCI s'appuie en particulier sur des informations provenant d'une source anonyme au laboratoire d'Argonne qui confirme l'absence d'une entente formelle entre son organisation et ÉACL relativement à l'échange de données permettant d'élaborer un programme de recherche sur des cibles LEU adaptées aux installations de Chalk River[49]. Par ailleurs, en octroyant une licence d'exportation à ÉACL dans des conditions de non-respect de l'amendement Schumer, le NRC enverrait un signal négatif aux autres opérateurs de réacteurs, aux États-Unis et dans le monde, collaborant déjà au programme RERTR. Il procurerait également un alibi à d'autres pays pour la poursuite de leurs importations de HEU auprès d'autres producteurs[50]. En invoquant le non-respect du troisième critère de l'amendement Schumer, le NCI entend clairement faire pression sur ÉACL et Nordion, mais également sur le gouvernement américain, pour l'établissement d'un programme de conversion collaboratif chapeauté par le laboratoire d'Argonne.

---

[49] Nuclear Regulatory Commission Issuances, « Opinions and decisions of the Nuclear Regulatory Commission with Selected Orders. In the Matter of TRANSNUCLEAR INC. (Export of 93.3% Enriched Uranium) », vol. 47, 5 juillet 1998, p. 337.

[50] *Ibid.*, p. 339.

Si dans sa réponse, formulée en juillet 1998, le NRC n'accède pas à la requête d'audience publique du NCI, le régulateur indique que les démarches entreprises par l'organisation ont tout de même porté certains fruits. Convaincu, voire même aiguillé, par les informations et les arguments fournis par le NCI, le NRC a en effet exigé des clarifications auprès du Département d'État américain sur l'existence d'un programme de développement de cibles LEU entre le Canada et les États-Unis. Les échanges entre le NRC et le Département d'État auraient rapidement permis d'initier des discussions entre représentants des deux gouvernements sur cette question, confirmant qu'aucune forme de consultation ou de collaboration réelle n'existait auparavant entre ÉACL et Argonne: « formal bilateral consultations between U.S. officials and Canadian representatives were initiated on April 9, 1998, to further discussions as to the exchange of technical data and commercial nondisclosure issues pertinent to Argonne's development of LEU targets for the Canadian reactors »[51].

Les mois suivants sont l'occasion de nouvelles confrontations directes ou indirectes entre le NCI et le binôme ÉACL/Nordion. En octobre 1998, agissant toujours à titre d'agent pour le compte d'ÉACL, Transnuclear Inc. requiert une autre licence d'exportation de HEU auprès du NRC. Cette fois, il est question de quantités importantes, puisqu'ÉACL demande près de 131 kg de HEU contenant 122 kg d'U-235 sous forme de cibles de dioxyde d'uranium. Étant donné les quantités en jeu, l'envoi serait échelonné sur une période de cinq ans, à raison de quatre envois séparés par année[52]. Probablement échaudée par l'expérience précédente, ÉACL opte pour une stratégie lui garantissant un approvisionnement de HEU à long terme. Mais le NCI saisit rapidement cette occasion pour demander une nouvelle audience auprès du NRC. Bien qu'ayant reçu de la part de la branche exécutive du Département d'État un avis favorable à l'exportation du HEU vers Chalk River, le NRC décide cette fois de tenir

---

[51] *Ibid.*, pp. 338-339.

[52] Mémo du secrétaire du NRC aux commissaires du NRC, A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 29 juin 1999, p. 1.

une réunion publique le 16 juin 1999, afin que les deux parties, ÉACL/Nordion et le NCI, puissent exposer leurs arguments.

5.3.2 Le NRC face aux enjeux des exportations américaines de HEU

Les témoignages recueillis lors de l'audience du 16 juin mettent bien en relief la particularité et la complexité de la requête examinée par le NRC. En effet, selon l'aveu même de sa présidente Shirley Jackson, avant de rendre son jugement, l'agence de réglementation américaine doit considérer deux dimensions contradictoires du processus de production du Mo-99: d'une part la finalité civile de l'usage du HEU doit être considérée, car celui-ci est utilisé dans la production d'un radio-isotope vital pour la médecine nucléaire américaine et intervient quotidiennement dans plus de 36,000 diagnostics aux États-Unis. D'autre part, la dimension sécuritaire et le risque que constitue la prolifération mondiale du HEU doivent également être prise au sérieux. Le NRC doit ainsi rendre une décision qui garantisse la prise en compte des enjeux de santé publique liés au projet MMIR, sans pour autant remettre en cause le fondement de la politique de sécurité et de défense établi à travers l'amendement Schumer.

L'exposé d'ÉACL et de MDS Nordion, représentés par Jean-Pierre Labrie, directeur du projet MMIR, et Iain Trevena, reprend les arguments habituels en faveur de la réalisation du projet, notamment du point de vue des intérêts de la communauté médicale américaine. Le vice-président de Nordion souligne également les contraintes temporelles et économiques qui pèsent sur le projet et restreignent les possibilités de consacrer du temps supplémentaire au développement d'un procédé LEU. Bien que de tels procédés aient récemment été développés pour deux réacteurs de recherche en Australie et en Indonésie, Trevena affirme que ceux-ci ne pourraient s'appliquer à une échelle de production de l'ampleur de celle d'ÉACL qui est 20 fois supérieure. Par conséquent, la solution préconisée par MDS Nordion consiste, dans un premier temps, à mettre en service les réacteurs MAPLE et la NPF conformément à leur conception

initiale faisant intervenir des cibles HEU. Dans les années suivantes, un programme de R&D, entrepris depuis le mois de mai 1999 en collaboration avec le laboratoire d'Argonne, devrait permettre l'évaluation des options technologiques et économiques de conversion des installations de Chalk River au LEU.

Par ailleurs, Trevena annonce que la collaboration entre les parties canadienne et américaine devrait poser moins de difficulté, puisque l'essentiel des coûts du programme de conversion sera désormais assumé par MDS Nordion: « any work that has to be done with respect to capital costs, new modification of facilities, would be MDS Nordion's cost expense »[53]. Autre signe encourageant, les résultats d'études récemment effectuées par ÉACL tendent à montrer une meilleure compréhension des enjeux techniques et économiques de la conversion des MAPLE au LEU. En effet, celle-ci ne devrait pas poser de problème au niveau de l'irradiation des cibles dans les réacteurs. Seules des analyses et des simulations devront être effectuées pour démontrer que leurs réponses à certains scénarios d'accidents demeurent dans l'enveloppe de sûreté déjà définie pour des cibles HEU. Selon Jean-Pierre Labrie, l'obstacle majeur à la conversion semble plutôt se situer au niveau du traitement chimique des cibles LEU dans la NPF: « We believe there are significant design changes that are required for the new processing facility, but for the MAPLE reactor, there's no significant design change other than analyses »[54].

Il est pour le moment impossible de prédire précisément le temps et le coût nécessaires à la conversion de la NPF, mais ÉACL estime que le processus, incluant la documentation technique et le chantier, ne pourra être inférieur à cinq ans: « ACEL's position has always been that an implementation of a change will take at least five years

---

[53] Document USNRC, « Briefing on Proposed Export of High Enriched Uranium to Canada – Public Meeting », 16 juin 1999, p. 44. Disponible sur: https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/commission/tr/1999/19990616a.pdf, consulté le 15 août 2017.

[54] *Ibid.*, p. 29.

to come to conclusion »[55]. Cette opinion n'est pas loin d'être partagée par le directeur du programme RERTR au laboratoire d'Argonne, Armando Travelli. Ce dernier estime en effet qu'il serait difficile de se prononcer sur un calendrier fixe tant que l'ampleur du travail à réaliser n'a pas été évaluée par une étude de faisabilité, dont le résultat pourrait tout aussi bien accoucher d'un délai de quelques mois que d'un échéancier plus long de deux ou trois ans: « after the feasibility study is completed, it will be possible to make an estimate about how long the next phases will take. It may be very little; it may be as much as two, three years. We don't know really. And the same is true for the cost, unfortunately »[56].

Au vu des discussions qui se tiennent durant la journée d'audience, il appert que la faisabilité et le coût de la conversion de la NPF au procédé LEU constitue l'enjeu majeur qui déterminera les conditions d'octroi de la licence d'exportation de HEU à ÉACL. De fait, l'approche à utiliser pour réaliser la conversion constitue le principal point de désaccord entre ÉACL et Nordion d'un côté et le NCI de l'autre. Pour la partie canadienne, l'incertitude entourant les conditions de conversion de la NPF au LEU exclut toute possibilité d'envisager sa réalisation avant la mise en service des réacteurs MAPLE avec des cibles HEU. Iain Trevena argue notamment qu'une entente contractuelle liant Nordion au gouvernement fédéral du Canada oblige l'entreprise à mettre en service les deux réacteurs MAPLE avant la fin de l'année 2000, sous peine de devoir rembourser en un seul versement l'intégralité du prêt sans intérêt de 100 M$ qui lui avait été consenti en 1996[57]. Seul une situation de force majeure rendrait cette obligation caduque et la conversion de la NPF au processus LEU n'en deviendrait une que si le NRC décidait d'interrompre ses exportations de HEU au Canada.

---

[55] *Ibid.*, p. 132.

[56] *Ibid.*, p. 118.

[57] *Ibid.*, p. 16.

De son côté, le NCI craint que si le NRC n'exerçait pas une pression sur ÉACL et Nordion pour une conversion immédiate de la NPF au LEU, il serait plus tard, une fois l'installation entrée en service en mode HEU, très difficile de les y contraindre. En effet, Alan Kuperman affirme qu'une fois le HEU introduit dans la NPF, il deviendrait impossible d'effectuer la conversion sans un arrêt complet de l'installation et, du coup, l'interruption de la production des radio-isotopes pour une période indeterminée. Le directeur du projet MMIR chez ÉACL, Jean-Pierre Labrie, confirme lui-même l'hypothèse de Kuperman en soulignant que les procédés HEU et LEU sont non seulement incompatibles dans la même NPF, mais que la transition de l'un à l'autre exigerait un important travail de décontamination et de modifications à la conception de la NPF[58]:

> You cannot mix a highly enriched uranium stream with a low enriched uranium stream in a very short timeframe without having first cleaned the system from highly enriched uranium to do your accountancy properly and then move into low enriched uranium assuming there would be no design changes, which we believe there are significant design changes that are required for the new processing facility.

Un tel cas de figure permettrait à Nordion de brandir à nouveau le risque d'une interruption prolongée de sa production de Mo-99 et de pénurie de Tc-99m aux États-Unis. Mais pour Paul Leventhal, le plus grave avec le scénario proposé par Nordion est que le coût d'une conversion a posteriori pourrait s'avérer beaucoup plus élevé que si celle-ci était effectuée avant l'entrée en service des MAPLE: « the costs of modifying the NPF will be much less if these are done prior to the facility going hot than after the facility going hot »[59]. Dans ce cas, Nordion pourrait faire jouer les termes de l'amendement Schumer et des notes diplomatiques échangées entre les gouvernements du Canada et des États-Unis stipulant qu'un opérateur peut refuser de convertir ses

---

[58] *Ibid.*, p. 28.

[59] *Ibid.*, p. 55.

installations au LEU si celle-ci augmente de façon trop importante ses coûts d'opération: « whenever a low enriched uranium (LEU) target has been qualified by the relevant authorities and does not result in a large percentage increase in the total cost of operating a reactor [...] such an alternative LEU target will be used in that reactor in lieu of a high enriched uranium »[60].

Certes, une conversion immédiate de la NPF au LEU rallongerait la durée du projet MMIR et impliquerait le maintien en service du NRU et de son réservoir de stockage des déchets radioactifs pour une période additionnelle de 2 à 5 ans. Mais selon le NCI, cette prolongation serait tout à fait envisageable, d'autant plus qu'ÉACL, même si elle compte y cesser sa production de Mo-99, veut conserver le NRU en fonction pour des fins de recherche au moins jusqu'en 2005[61]. En résumé, le NCI recommande au NRC de ne pas accorder de licence d'exportation avant qu'ÉACL et Nordion n'aient complété une étude de faisabilité et réalisé toutes les modifications nécessaires à une conversion rapide de la NPF au LEU. Entre temps, la production du Mo-99 pourrait se poursuivre dans le NRU. Dans l'éventualité d'un arrêt non-planifié de ce dernier, les cibles HEU du NRU pourraient être irradiées dans l'un des deux MAPLE, dont les calendriers de mise en service ne sont pas affectés par une transition de la NPF au LEU, puis traitées dans les installations du NRU. Après la conversion de la NPF, la production pourrait commencer directement dans les MAPLE avec des cibles LEU[62]. Pour Paul Leventhal, l'approbation d'une licence d'exportation de HEU à ÉACL étalée sur cinq ans enlèverait tout incitatif à la poursuite d'un programme de conversion des installations canadiennes au LEU et minerait les fondements de l'amendement Schumer. Toutefois, si le NRC décidait de maintenir les exportations de HEU vers le

---

[60] Échange de notes diplomatiques entre l'ambassade du Canada et le département d'État (États-Unis), *op. cit.*, p. 1. Nous soulignons.

[61] Lettre du NCI à l'USNRC, A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 21 juin 1999, p. 1.

[62] *Ibid.*, p. 3.

Canada, le président du NCI suggère alors de les rendre sujettes à une approbation annuelle qui soit conditionnelle à la poursuite d'une coopération active entre ÉACL et le laboratoire d'Argonne pour le développement de cibles LEU[63].

La stratégie de conversion proposée par le NCI rencontre non seulement l'opposition d'ÉACL et Nordion, qui ne voient aucun avantage à retarder la mise en œuvre du projet MMIR, mais aussi celle du département d'État américain, dont le témoignage pèse également dans la prise de décision des commissaires du NRC. Son représentant à l'audience du 16 juin, Richard Stratford, plaide clairement en faveur d'une licence d'exportation échelonnée sur cinq ans, dans les termes demandés par Transnuclear Inc. Celui qui est par ailleurs président de l'Office of Nuclear Energy, une branche du département d'État, considère que le maintien du NRU, réacteur en opération depuis maintenant 43 ans, est un risque déjà trop élevé à prendre pour être accentué par l'ajout d'une incertitude supplémentaire au projet MMIR.

Stratford ajoute que si le NRU venait à tomber en panne au moment où ÉACL travaille sur la conversion de son procédé de production au LEU, le premier réflexe des compagnies radio-pharmaceutiques américaines serait de se tourner vers d'autres sources de production en Europe. Les seules qui soient en mesure de répondre à cette demande utilisent toutes des procédés HEU pour produire du Mo-99. Il paraît donc incohérent du point de vue de la politique de non-prolifération américaine d'imposer un embargo sur les exportations de HEU au Canada, tout en se tournant vers d'autres fournisseurs dont la production de Mo-99 s'appuie sur un procédé qui est fondamentalement le même[64]. Cela serait d'autant plus injuste vis-à-vis de Nordion que celle-ci a renoncé à se tourner vers d'autres fournisseurs de HEU, pour ne pas donner l'impression de vouloir contourner la législation américaine: « Nordion has assumed

---

[63] Audience publique du USNRC, 16 juin 1999, *op. cit.*, p. 74.

[64] *Ibid.*, p. 108.

the U.S. would have an interest in HEU shipments even outside the U.S. so we have chosen to deal in a straightforward manner with the U.S. rather than, for example, going to some other source to get HEU »[65].

Tiraillés entre l'exigence de faire respecter les termes de l'amendement Schumer et le risque d'une interruption de l'approvisionnement américain de Mo-99, les cinq commissaires du NRC rendent une décision qui tente de réconcilier les deux objectifs de santé publique et de non-prolifération nucléaire. Le 29 juin 1999, à la suite d'un vote partagé de 3 voix contre 2, le NRC décide d'octroyer à Transnculear Inc. une licence d'exportation de HEU étalée sur cinq ans, mais en l'assortissant d'une condition essentielle: qu'ÉACL et Nordion soumettent annuellement au NRC un rapport qui documente les progrès réalisés dans le développement de cibles LEU en collaboration avec le laboratoire d'Argonne[66]. Sans entraver la poursuite de la production du Mo-99 à Chalk River, cette disposition permet de répondre au troisième point de l'amendement Schumer exigeant l'existence d'un programme de développement de cibles LEU pour les réacteurs visés par la licence d'exportation.

La décision rendue en faveur d'ÉACL est renforcée par la proximité géographique existant entre le Canada et les États-Unis et l'importance des relations politiques et commerciales unissant les deux pays, comme le rappelle bien l'un des commissaires du NRC, Edward McGaffigan: « Canada is our closest ally, it is our most important trading partner, it is a trusted friend of this country [...] the decision we have to make is relative to the Schumer Amendment [...] but, in no way, casts any doubt about our close and long relationship with our trusted neighbor »[67]. Finalement, les différentes réunions tenues de janvier à mai 1999 entre ÉACL, Nordion, Argonne et

---

[65] *Ibid.*, p. 21.

[66] Michael Knapick, « Commission okays HEU export to Canada but requires annual reporting », *Inside NRC*, vol. 21, no. 14, 5 juillet 1999, p. 17.

[67] Audience publique du NRC, 16 juin 1999, *op. cit.*, p. 134.

des représentants du département d'État américain prouvent aux yeux du NRC que toutes les parties semblent œuvrer de bonne foi pour atteindre l'objectif de conversion des installations de Chalk River au LEU.

L'audience publique du 16 juin, bien que n'ayant pas abouti à la suspension des exportations de HEU vers le Canada, contraint tout de même ÉACL et Nordion à démontrer sur une base régulière qu'ils respectent les conditions imposées par l'amendement Schumer. Cela représente du temps et des ressources additionnelles qu'il faudra mobiliser sur un projet déjà caractérisé par des échéanciers et des budgets extrêmement serrés. Ensuite, la décision rendue par le NRC ne lève pas complètement le risque de suspension des exportations de HEU vers le Canada puisqu'elle est accompagnée d'un avertissement clair sur les conséquences d'un éventuel non-respect par la partie canadienne des conditions de la licence: « If the Commission should make a finding [...] that the requirements of the Schumer Amendment are not being met, the Commission may modify, suspend, or revoke the license »[68]. Enfin, si cela ne constitue plus une obligation à court terme, le NRC demande tout de même à Argonne et ÉACL de lui en soumettre, dans un délai de trois mois, l'étude de faisabilité d'une conversion rapide de la NPF. Celle-ci devrait notamment explorer les possibilités d'y apporter des modifications mineures permettant de réaliser sa conversion avant la mise en service des réacteurs MAPLE. Si cela s'avérait impossible, l'étude devrait alors explorer les options de conversion suivant l'entrée en service des installations du MMIR qui ne résultent pas en une augmentation trop importante des coûts d'exploitation[69].

---

[68] Décision du NRC quant à la requête d'une licence d'exportation par Transnuclear Inc., A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 29 juin 1999, p. 4.

[69] *Ibid.*

5.4 La conversion de la NPF au procédé LEU: un enjeu uniquement technique?

Les résultats de l'étude de faisabilité, tout comme le premier rapport annuel documentant le statut de la conversion des installations de Chalk River au LEU, sont soumis par MDS Nordion au NRC en avril et mai 2000. Les deux documents confirment des résultats déjà connus, à savoir que l'irradiation des cibles LEU dans les réacteurs MAPLE ne constitue plus un obstacle technique dans le processus de conversion: « AECL and MDS Nordion at this time do not foresee any economic or technical issues that would hinder or delay making any required changes in the MAPLE reactors in order to use LEU targets »[70]. Le principal changement à la conception du modèle de cible existante consiste 'simplement' à en augmenter le rayon du cylindre afin d'y remplacer le HEU par une quantité plus importante de LEU. Toutefois, des consultations auprès de la CCEA indiquent que le processus d'intégration des cibles LEU dans les réacteurs MAPLE devrait prendre au moins trois ans, ÉACL devant démontrer que les conditions d'opération du réacteur répondent aux exigences réglementaires canadiennes en matière de sécurité nucléaire et environnementale: « New LEU targets cannot be used in the MAPLE reactors unless the Atomic Energy Control Board determines that adequate operational safety margins were demonstrated and other re-licensing requirements were met »[71].

Tel que discuté durant la journée d'audience du 16 juin 1999, le principal obstacle auquel fait face le processus de conversion au LEU se situe au niveau de la NPF et de la masse des déchets radioactifs supplémentaires à traiter. Les réacteurs MAPLE ont été initialement conçus pour irradier des cibles HEU contenant chacune 18.5 grammes d'U-235 enrichi à 93%. La cible LEU de référence utilisée dans l'étude

---

[70] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Report in Response to the Nuclear Regulatory Commission's Request that Argonne National Laboratory Prepare a Study of the Technical Feasibility of Converting the MAPLE Reactors and the New Processing Facility to use LEU Rather than HEU Targets », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 17 avril 2000, p. 4.

[71] *Ibid.*

de faisabilité contient également 18.5 grammes d'U-235, mais enrichie à 19.75%. Le rapport des pourcentages d'enrichissement des deux types de CIBLES étant égal à 4.7 (93 divisé par 19.75), il faut pour conserver une production de radio-isotopes similaire à celle du procédé HEU, irradier près de cinq fois plus de cibles LEU. Et si, pour éviter d'augmenter le nombre de cibles irradiées, l'on concevait, comme il est prévu, des cibles LEU qui soient 4.7 fois plus denses, il faudrait tout de même traiter chimiquement dans la NPF 4.7 fois plus d'uranium qu'avec le procédé HEU: « The Conversion of the NPF from HEU to LEU requires increasing its weekly uranium processing capacity from 0.36 kg to 1.7 kg uranium to meet current production level »[72].

5.4.1 L'étude de faisabilité ou le choix orienté de la technique

L'évaluation de la faisabilité de la conversion de la NPF, en plus d'impliquer Nordion en tant que commanditaire et ÉACL en tant que maître d'œuvre, requiert la collaboration de la Société Générale des techniques Nouvelles (SGN), entreprise française à qui ÉACL a sous-traité le travail de conception après la reprise du projet MMIR en 1996. L'étude de faisabilité comprend trois objectifs: premièrement, déterminer si les équipements conçus pour la NPF actuelle peuvent également traiter des cibles LEU; deuxièmement, évaluer la capacité de traitement des déchets de la NPF avec des cibles LEU et enfin, lister les changements qui pourraient y être apportés dans l'optique d'une conversion avant la mise en service des MAPLE. Pour ce faire, l'étude analyse les conséquences d'une conversion de la NPF au LEU sur les trois étapes successives du processus de traitement chimique de l'uranium des cibles: la dissolution des cibles dans l'acide nitrique, la récupération du Mo-99 sur les colonnes d'Al_2O_3 et

[72] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Feasibility Study report. Conversion from HEU to LEU for Mo-99 Production in the New Processing Facility (ANNEX) », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'Accès à l'information, avril 2000, p. 3.

le traitement et le stockage des déchets radioactifs générés durant les deux premières étapes.

L'étape de la dissolution ne pose pas de problème, car il s'avère qu'un ajustement de la molarité de la solution d'acide nitrique, en usant de volumes similaires au processus HEU, permet de dissoudre complètement l'uranium des cibles LEU: « complete dissolution of the uranium from LEU target could be achieved within the volume used for HEU target by adjusting the molarity of the nitric acid to 2.7 »[73]. Par contre, les tests effectués sur la récupération du Mo-99 dans les colonnes d'alumine sont moins encourageants. L'adsorption du molybdène dépend fortement de la concentration d'uranium présente dans la solution acide nitrique/uranium résultant de la première étape de dissolution. Dans le processus HEU, cette concentration est de 18.5 grammes par litre (g/L) tandis qu'elle est de 40 g/L dans les tests effectués sur des cibles LEU. La différence résulte en une perte d'efficacité dans le taux de récupération du Mo-99 de près de 20%. Par conséquent, même si l'uranium des cibles LEU peut être dissout dans des quantités d'acides similaires à celles du procédé HEU, la concentration d'uranium dans la solution acide résultante doit être réduite de moitié pour conserver des taux de récupérations de Mo-99 similaires.

La troisième étape, celle du stockage et du traitement des déchets liquides et solides, pose également problème. En effet, la présence d'un plus grand volume et d'une plus grande concentration d'uranium dans la solution acide conduit à la production d'une quantité plus importante de déchets radioactifs liquides: « The total volume of high level liquid waste will be about 75% greater with an LEU target »[74]. Pour contrer cet effet indésirable, il faudrait augmenter la capacité de stockage et de calcination des déchets radioactifs de la NPF, dont chaque cycle de traitement génère

---

[73] *Ibid.*

[74] *Ibid.*

8.3 litres de déchets liquides, presque deux fois plus que pour des cibles HEU, qui n'en produisent que 4.7 litres. La NPF étant pourvue de deux réservoirs de stockage, un principal de 100 L et un autre de réserve de 50 L, il est prévu dans le cadre du procédé HEU que les déchets liquides soient stockés durant 14 jours avant d'être solidifiés à l'aide d'un procédé de calcination. La capacité volumique des deux réservoirs permet de traiter les déchets générés par 21 irradiations consécutives dans un réacteur MAPLE, mais ce nombre serait réduit à 12 avec un procédé LEU: « If the 50L tank is maintained for back-up purposes, the LEU targets will reduce the capacity of the system by about 40% »[75]. L'ajout d'un deuxième réservoir de 50 litres pour maintenir la même capacité de traitement de la NPF est jugé impossible par manque d'espace. La seule solution qui demeure est d'augmenter le rythme auquel les déchets liquides sont calcinés ou de trouver de l'espace supplémentaire dans la NPF pour entreposer les déchets solides.

L'étape de la calcination des déchets liquides devient par conséquent le facteur déterminant dans l'évaluation de la faisabilité d'une conversion de la NPF au procédé LEU: « the limiting factor for LEU supply capability was identified to be the speed at which waste could be calcined »[76]. La solution consistant à augmenter le nombre de contenants de déchets solides et rajouter du matériel de calcination est de nouveau écartée par manque d'espace disponible dans la NPF, d'autant plus que la SGN estime qu'il faudrait multiplier le nombre de contenants de déchets solides par cinq pour traiter la masse d'uranium supplémentaire générée par le procédé LEU: « SGN confirmed that based on their knowledge about five times the number of waste cans would be required

---

[75] *Ibid.*

[76] Grant Malkoske (MDS Nordion), « A Conversion Development Program to LEU Targets for Medical Isotope Production », *International Meeting on RERTR, Las Vegas, États-Unis,* 1-6 octobre 2000, p. 1. Disponible sur: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/024/42024801.pdf, consulté le 23 décembre 2017.

if the change to LEU was made »[77]. La construction d'installations de traitement et de stockage supplémentaires est également écartée par Nordion car leur coût est estimé à 30 M$.

Une autre solution consisterait à relier l'un des murs de la NPF à un nouveau module de calcination, par l'intermédiaire d'une ligne de transfert. Le coût de la conception et de l'ingénierie de cette ligne paraît raisonnable puisqu'il n'excéderait pas 500.000 $ avec un délai de réalisation inférieur à 3 mois. Peu coûteuse et rapide à mettre en œuvre, l'ajout d'une ligne de transfert rendrait même envisageable la conversion de la NPF au LEU avant la mise en service des MAPLE. Cependant, réaliser cette modification requiert l'obtention d'une autorisation préalable de la CCEA, démarche qui, selon Nordion, rallongerait les travaux d'au moins six mois et multiplierait les coûts initiaux par deux. Au fil d'une argumentation peu convaincante, Nordion dit craindre que la CCEA ne soulève d'importantes questions de sûreté relativement aux niveaux des radiations émanant d'une telle ligne. À la suite d'une consultation avec ÉACL, le régulateur canadien aurait déjà évoqué le risque qu'elle ne contrevienne aux standards de sécurité de l'AIEA[78]:

> The AECB took the position that any piping penetration to the liquid waste vault to enable hook-up to future liquid waste tanks would require that appropriate IAEA safeguard measures be implemented in accordance with Canada's Safeguards Agreement with the IAEA.

Pour Nordion, ces deux éléments, conjugués à l'expérience de ses interactions passées avec la CCEA, rendent l'entreprise d'une modification mineure de la NPF peu prudente: « Based on our experience with the AECB we did not consider it prudent to put the timeline for the project at risk by making this change ». Pourtant, bien que la CCEA ait effectivement soulevé des questions de sûreté au sujet de la ligne de transfert,

---

[77] Document MDS Nordion, « Feasibility Study report. Conversion from HEU to LEU for Mo-99 Production in the New Processing Facility (ANNEX) », *op. cit.*, p. 5.

[78] Document MDS Nordion soumis au USNRC, 17 avril 2000, *op. cit.*, p. 6.

notamment les risques qu'elle pourrait poser à la sécurité des travailleurs du site, celle-ci ne rejette pas l'idée, comme le souligne l'un de ses commissaires, Ken Pereira: « We did not reject the concept but we told AECL we would not approve the change until safety and licensing implications were addressed »[79]. Cet avertissement du régulateur, qui ne fait finalement que remplir sa mission première de protection du public et des travailleurs de l'industrie nucléaire, est cependant jugé suffisant par Nordion pour écarter l'option de l'ajout d'une ligne de transfert.

Dans le premier rapport annuel soumis au NRC en mai 2000, l'incertitude causée par l'environnement réglementaire canadien constitue une dimension importante de l'argumentaire formulé par Nordion à l'encontre d'une conversion immédiate de la NPF au LEU. La compagnie radio-pharmaceutique revient ainsi sur la promulgation en mars 1997 par le Parlement canadien du *Nuclear Safety and Control Act*, qui introduit des changements significatifs dans le processus réglementaire jusqu'alors en vigueur[80]. En effet, cette loi, qui n'entrera réellement en vigueur qu'en 2001, octroie à la CCEA un pouvoir prescriptif plus important. De plus, elle met en place des normes de contrôle plus strictes des conséquences sanitaires, environnementales et sécuritaires de l'activité nucléaire au Canada. Dans ce contexte, Nordion craint que le changement de réglementation, qui vise également à introduire plus de transparence dans le processus réglementaire, ne transforme la CCEA à l'avenir en un régulateur plus « actif » et, possiblement, plus « intrusif ». Ses commissaires bénéficieraient notamment d'une plus grande latitude pour conduire des audiences publiques, auditionner des témoins ou recevoir et enregistrer des preuves. La CCEA devrait également jouir d'un statut de cour d'archives (*court of record*) lui octroyant un plus grand pouvoir d'investigation sur d'éventuels cas de violation de la nouvelle

---

[79] Mémo de Ken Pereira à Linda Keen (présidente de la CCSN), « Information on Use of Highly-enriched Uranium », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 1, clé 34, 13 février 2001, p. 1.

[80] Bruce Doern, Arslan Dorman et Robert Morrison (dirs.), *Canadian Nuclear Energy Policy, Changing Ideas, Institutions, and Interests*, Toronto, University of Toronto Press, 2001, pp. 103-104.

réglementation. Pour Nordion, l'ensemble de ces facteurs constitue autant de bonnes raisons d'envisager des difficultés supplémentaires, autres que techniques, à la conversion rapide de ses installations de traitement: « The new Canadian regulatory climate [...] will affect several key decisions concerning the conversion of the MAPLE reactors and the NPF to employ LEU »[81].

En somme, sans que des arguments réellement solides ne soient venus étayer sa décision, Nordion écarte la possibilité d'une conversion de la NPF avant son entrée en service. Face aux commissaires du NRC, Grant Malkoske s'en remet à une observation faite par la CCEA, lors d'une réunion tenue en juin 2000, voulant que l'ajout d'une ligne de transfert ne constitue pas un « modification mineure » à la NPF[82]. Bénéficiant de témoignages favorables du département d'État américain et du laboratoire d'Argonne, et malgré l'opposition du NCI et l'intervention du sénateur Schumer lui-même, Nordion obtient donc la prolongation de sa licence d'exportation en juillet 2000. À cette occasion, le CORAR (Council on Radionuclides and Radiopharamceuticals), lobby des compagnies radio-pharmaceutiques nord-américaines, apporte également son soutien à Nordion, plaidant auprès du NRC l'importance cruciale que revêt une entrée en fonction rapide des installations du projet MMIR pour la médecine nucléaire américaine[83]:

> The nuclear medicine community including radiopharmaceutical manufacturers, nuclear medicine physicians and manufacturers of nuclear isotopes is concerned about any possible change to the NRC's five year export licenses which is vital to the U.S. nuclear medicine community and its ability

[81] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Yearly Status Report to the USNRC on the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU targets for the MAPLE reactors », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'Accès à l'information, 31 mai 2000, p. 9.

[82] Déclaration écrite de Grant Malksoke (MDS Nordion) aux commissaires du NRC, 10 juillet 2000, p. 2. Disponible sur: http://www.nci.org/0new/M000710B.pdf, consulté le 10 janvier 2018.

[83] Lettre de Roy Brown (président du CORAR) à Richard Meserve (président du NRC), 7 juillet 2000, p. 2. Disponible sur: https://www.nrc.gov/docs/ML0037/ML003732474.pdf, consulté le 10 janvier 2018.

> to offer life-saving nuclear diagnostic and therapeutic procedures to U.S. patients.

La voie d'une conversion rapide de la NPF étant abandonnée, il ne reste, pour se conformer aux termes de l'amendement Schumer, que l'option d'un programme de conversion à long terme. La mise en œuvre d'un tel programme est soumise par MDS Nordion à trois conditions: premièrement, le programme doit induire un minimum de changements à la conception des réacteurs MAPLE ainsi qu'aux procédés de traitement et de stockage des déchets qui ont été mis en place pour les cibles HEU. Deuxièmement, il ne doit pas causer l'interruption de l'approvisionnement des radio-isotopes ni la réduction de la capacité de production des installations de Chalk River. Troisièmement, il doit proposer une option de conversion qui soit économiquement acceptable pour Nordion[84]. En résumé, le programme de conversion à long terme doit allier simplicité technique et attractivité économique sans remettre en cause la stabilité de la production de Mo-99. MDS Nordion demeure le principal responsable du programme de conversion, autrement dit l'interlocuteur principal du NRC, tandis que les équipes techniques chargées de sa mise en œuvre proviennent toujours d'ÉACL, de la SGN et du laboratoire d'Argonne.

5.4.2 Le programme de conversion de la NPF: le refus de la technique

Le programme de conversion de la NPF, qui débute officiellement en novembre 2000, se concentre sur l'amélioration du procédé de calcination des déchets liquides: « The program is essentially a waste process development program which is examining the technical, regulatory and economic implications for managing the increased volume

---

[84] Grant Malkoske, « The LEU Target Development and Conversion Program for the MAPLE Reactors and New Processing Facility », *25th International Meeting on RERTR, Chicago, États-Unis*, 5-10 octobre 2003, p. 7.

of waste arising from processing LEU targets in the NPF »[85]. Ses objectifs sont d'évaluer les modifications qui peuvent être apportées au système de calcination de la NPF pour en augmenter la capacité de traitement des déchets, d'optimiser le processus de traitement de la masse de déchets solides additionnels générés par le procédé LEU et enfin, d'identifier des façons pratiques de gérer le volume des déchets liquides du procédé LEU, qui double par rapport au procédé HEU. Ces objectifs répondent à une étude réalisée par la SGN dans le courant de l'année 2000 qui a identifié deux principaux obstacles à la conversion de la NPF au LEU[86]:

> The SGN study has identified two main obstacles to LEU conversion: a) Approximately twice the solvent volume might need to be used to separate the Mo-99 from the LEU targets because of the greater amount of uranium in solution; b) Approximately five times more uranium will be present in the wastes to be calcined.

La calcination des déchets de la NPF est effectuée dans des contenants qui sont par la suite scellés et disposés sur le site de Chalk River. Cette étape requiert notamment de faire évaporer la solution de déchets liquides résultant du traitement des cibles d'uranium avec le solvant acide et du rinçage de la colonne d'alumine, étapes du processus de récupération du Mo-99 décrites plus haut. Un soin particulier doit être accordé à la stabilité de la phase d'évaporation afin d'éviter tout débordement de la solution liquide de son contenant ou la formation d'éclaboussures qui viendraient souiller le matériel de calcination[87]. Dans le cadre d'un procédé LEU, le plus grand volume de solvant nécessaire au traitement des cibles divise par deux le temps

---

[85] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Yearly Status Report to the USNRC on the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU targets for the MAPLE reactors », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 19 mai 2004, p. 8.

[86] Lettre de Armando Travelli (manager du programme RERTR, ANL) à Patricia Dedik (responsable Affaires nucléaires au DOE), « Report on Visit by ANL Personnel to SGN », 7 juillet 2000, p. 1. Disponible sur: https://www.nrc.gov/docs/ml0037/ML003732457.pdf, consulté le 10 janvier 2018.

[87] Grant Malkoske (MDS Nordion), « A Conversion Development Program to LEU Targets for Medical Isotope Production », 1-6 octobre 2000, *op. cit.*, p. 1.

disponible pour refroidir les déchets liquides avant leur calcination. Étant donné que les réservoirs où ces déchets liquides sont conservés avant calcination ne peuvent être agrandis, la quantité de chaleur générée dans les contenants des déchets calcinés est plus élevée. De plus, la masse d'uranium présente dans les déchets liquides, multipliée par cinq dans le procédé LEU, rend difficile l'option de faire évaporer les déchets liquides avant de les calciner. En effet, la masse additionnelle d'uranium et la chaleur accumulée dans les réservoirs causent une augmentation importante de la température et de la viscosité des déchets liquides[88]. Cela complique l'étape d'évaporation, car la solution visqueuse se met à bouillir, causant des giclures qui s'échappent des contenants de déchets calcinés[89]. Comme le souligne Grant Malkoske de Nordion: « with greater amounts of uranium there [is] danger of sputtering not being contained in the can and causing fouling of the calcining system »[90].

Conserver un processus d'évaporation stable nécessite donc l'élaboration de techniques permettant d'augmenter la masse d'uranium traitée durant le processus de calcination, tout en évitant que la solution de déchets visqueux ne déborde de ses contenants. Pour cela, trois solutions sont envisagées: le développement d'un procédé dit de « calcination direct », un procédé de vitrification ou l'ajout d'un agent de précipitation à la solution de déchets liquides. Cette dernière option, qui semble la plus prometteuse, avait été proposée à MDS Nordion par le laboratoire d'Argonne dès l'été 2000: « addition of an uranium-precipitating agent to the can where evaporation takes place might enable evaporation of most of the liquid of an entire batch in a single can without excessive temperature or viscosity »[91]. Mais ce n'est qu'entre mars 2002 et

---

[88] *Ibid.*, p. 2.

[89] Déclaration écrite de P. Leventhal et A.J. Kuperman (NCI) aux commissaires du NRC, « Briefing on Proposed Export of High Enriched Uranium to Canada », 10 juillet 2000, p. 4. Disponible sur: https://www.nrc.gov/docs/ml0037/ML003738119.pdf, consulté le 18 décembre 2017.

[90] Grant Malkoske (MDS Nordion), « A Conversion Development Program to LEU Targets for Medical Isotope Production », *op. cit.*, p. 9.

[91] Lettre de Armando Travelli à Patricia Dedik, *op. cit.*, p. 2.

octobre 2003, lors de conférences du RERTR, que le laboratoire d'Argonne et MDS Nordion présentent séparément les premiers résultats des investigations menées sur les trois procédés.

L'option de la vitrification est abandonnée après quelques mois, même s'il apparaissait possible de cimenter les déchets additionnels générés par le procédé LEU sans avoir à effectuer de changements majeurs à la conception de la NPF déjà adaptée au procédé HEU[92]. Cependant, les procédés de cimentation sont jugés indésirables, car problématiques du point de vue de la réglementation environnementale et sécuritaire canadienne, comme le rappelle la CCEA, renommée CCSN (Commission canadienne de sûreté nucléaire) en 2001: « This is a very undesirable process as it results in high doses to operation staff as well as it creates more waste problems »[93]. Pour le laboratoire d'Argonne, le procédé de calcination direct semble prometteur: « Direct calcination to a uranium/fission-product oxide product has been accepted as a suitable long-term storage form »[94]. En effet, la calcination directe permet de générer, à partir des déchets liquides, du trioxyde d'uranium (UO_3) et de stocker une quantité d'uranium solide supérieure à celle permise dans le procédé HEU. Même si la calcination directe n'élimine pas les problèmes d'éclaboussures durant l'étape d'évaporation, Argonne considère que cette technique pourrait être adaptée à un procédé LEU sans que les procédures de traitements des déchets d'uranium HEU ne soient trop affectées: « direct calcination could be adapted for use with LEU targets without a large effect on the uranium waste treatment procedures »[95].

---

[92] Grant Malkoske, « The LEU Target Development and Conversion Program for the MAPLE Reactors and New Processing Facility », *op. cit.*, p. 10.

[93] Mémo de Ken Pereira à Linda Keen, *op. cit.*, 13 février 2001, p. 1.

[94] G.F. Vandegrift et al., « RERTR Progress in Mo-99 production from LEU », *6th International Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management, Gand, Belgique*, 17-20 mars 2002, p. 16.

[95] A. J. Bakel et al., « Progress in Minimizing Effects of LEU Conversion on Calcination of Fission Product ^{99}Mo Acid Waste Solution », *Proceedings of RERTR International Meeting, San Carlos de Bariloche, Argentine,* 3-8 novembre 2002, p. 1.

La troisième option, consistant à ajouter un agent de précipitation pour diminuer le volume des déchets d'uranium solides, est également techniquement possible. Cette technique permet de réduire les déchets liquides d'uranium en une poudre d'octaoxyde de triuranium (U_3O_8) de faible densité granulaire. Son avantage par rapport à la méthode par calcination directe est qu'elle ne génère pas d'éclaboussures susceptibles de contaminer les équipements de calcination: « sputtering is not significant during calcination of the uranyl oxalate precipitate »[96]. Par contre, la poudre résiduelle et friable d'U_3O_8 doit être densifiée afin d'augmenter la quantité d'uranium stockée dans chaque contenant de déchets[97]. En somme, les deux méthodes, par calcination directe et par précipitation, possèdent chacune un avantage et un inconvénient. Les deux pourraient être de bonnes candidates pour la poursuite du programme de conversion de la NPF: « data presented here show that both processes are feasible »[98]. Pour mener des recherches plus approfondies, particulièrement sur la méthode de précipitation, il faudrait désormais construire une installation de calcination de taille similaire à celle de la NPF, afin de réaliser des essais dans des conditions de production industrielle.

5.5 De la collaboration à la subversion: les stratégies de conservation du procédé HEU par MDS Nordion

En septembre 2003, alors que la construction d'une telle installation pilote est prévue dans les laboratoires de la SGN en France, Nordion annonce son intention de ne pas poursuivre le développement des deux méthodes sélectionnées pour la

---

[96] *Ibid.*

[97] *Ibid.* Voir également: A.J. Bakel et al., « ANL Progress in Minimizing Effects of LEU Conversion on Calcination of Fission-Product ^{99}Mo Acid Waste Solution », *25th International Meeting on RERTR, Chicago, États-Unis*, 5-10 octobre 2003, p. 12.

[98] *Ibid.*

calcination des déchets LEU[99]. Elle justifie sa décision par deux arguments. Le premier est de nature économique, puisque la compagnie radio-pharmaceutique prétend que la poursuite des expériences sur la calcination directe ou la précipitation n'apporteraient pas d'information pertinente sur la viabilité économique de leur implantation dans la NPF: « the work would not have contributed significant information to the economic assessment that will be prepared during Phase 2 »[100]. Le deuxième argument renvoie aux obligations contractuelles de Nordion, celle-ci étant sensée garantir une stabilité de l'approvisionnement de la production de Mo-99 à ses clients. En effet, selon Nordion, l'implantation de l'une ou l'autre des deux méthodes causerait une interruption de la production d'au moins un an, ce qui constitue pour elle un délai inacceptable: « such an interruption would not be economically feasible nor would it satisfy MDS Nordion's primary obligation of uninterrupted supply of medical isotopes to pharmaceutical manufacturers and the patient community »[101].

Au lieu de poursuivre les travaux de conversion, Nordion propose plutôt de construire une deuxième NPF, à côté de l'ancienne, qui soit conçue pour traiter exclusivement des déchets LEU[102]. Évidemment, cette option demanderait des efforts considérables, tant au niveau de la conception que de la réglementation et de la construction, et repousserait de plusieurs années l'objectif de conversion du procédé de production du Mo-99 au LEU. En effet, Nordion estime le coût de cette installation à

---

[99] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Yearly Status Report to the USNRC on the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU targets for the MAPEL reactors », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 19 mai 2004, p. 11.

[100] *Ibid.*, p. 12.

[101] *Ibid.*

[102] *Ibid.*, p. 13.

près de 90 M$[103] et demande au DOE d'en couvrir une partie du financement, se heurtant immédiatement à un refus catégorique[104].

La volte-face de Nordion ne va pas sans susciter interrogations et critiques du côté américain. Depuis 2001, des réserves quant à sa volonté réelle de convertir la NPF sont émises, tant chez les représentants d'Argonne que du NCI. Nordion refuse par exemple de se prononcer sur un calendrier précis de réalisation de la conversion, indiquant parfois que cela pourrait « prendre plusieurs années »[105], d'autres fois 4 ans ou 6 ans[106]. Par ailleurs, étant donné les difficultés continuelles rencontrées dans la mise en service des réacteurs MAPLE, un représentant d'Argonne s'étonne que Nordion continue d'exiger l'acquisition d'une expérience d'opération de la NPF avec le procédé HEU avant sa conversion[107]. Cet impératif semble d'autant moins pertinent que les connaissances tirées du fonctionnement de la NPF avec un procédé HEU ne fourniraient pas d'informations véritablement importantes pour effectuer la transition au LEU. Au contraire, la « contamination » préalable de la NPF avec du HEU repousserait encore plus loin la perspective de sa conversion. D'autres signes témoignent du peu d'empressement de Nordion à réaliser la conversion de la NPF. Par exemple, en octobre 2002, le NCI avertit le NRC que Nordion a demandé à ÉACL d'irradier à des fins de tests des cibles HEU du MAPLE dans le NRU, mais a omis de

---

[103] Lettre de P. Leventhal (Président du NCI) à Nils Diaz (Président du NRC), « Concerns Nordion Inc. Request second tranche of highly enriched uranium », 26 février 2004, p. 2. Disponible sur: https://www.nrc.gov/docs/ML0406/ML040610160.pdf, consulté le 10 janvier 2018.

[104] Daniel Horner, « Nordion headed for showdown with U.S.? », *Nuclear Fuel*, vol. 29, no. 6, 15 mars 2004, p. 1.

[105] Daniel Horner, « Nordion says it's likely to request more HEU for Chalk River reactors », *Nuclear Fuel*, vol. 26, no. 13, 25 juin 2001, p. 6.

[106] Daniel Horner, « MDS Nordion apparently preparing to request more HEU for MAPLE, NPF », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 14, 8 juillet 2002, p. 14; Daniel Horner, « AECL, MDS Nordion ask to restor HEU they forfeited because of startup delays », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 16, 5 août 2002, p. 10.

[107] Daniel Horner, 25 juin 2001, *op. cit.*

procéder à des tests similaires avec des cibles LEU, ce qui témoignerait d'un manque d'intérêt évident pour le développement de ce procédé[108].

À partir d'octobre 2003, Nordion cesse toute coopération avec le laboratoire d'Argonne, estimant que le programme de conversion se trouve dans une impasse. Si son vice-président, Grant Malkoske, considère que cette décision a été prise d'un commun accord avec Argonne et le DOE, un représentant du gouvernement américain reproche de son côté à la compagnie radio-pharmaceutique de ne pas avoir fourni toutes les informations nécessaires permettant d'écarter avec certitude les deux méthodes de conversions qui étaient jusqu'alors à l'étude[109]. La situation demeure inchangée en 2004, alors que Nordion continue de camper sur ses positions, la partie américaine estimant de son côté que la construction d'une nouvelle NPF annihilerait tout le travail accompli depuis cinq ans dans le cadre du programme RERTR[110].

Le *statu quo* est renforcé par une situation de dépendance mutuelle entre Nordion et le gouvernement américain. En effet, la production de Mo-99 issue du NRU est écoulée à plus de 60% sur le marché américain, tandis que ce dernier dépend à près de 50% de l'approvisionnement canadien (Figure 5.1). D'une part, la dépendance des États-Unis aux radio-isotopes commercialisés par Nordion limite la capacité du DOE et du NRC à exercer des pressions sur la compagnie radio-pharmaceutique. Elle les force aussi à considérer sérieusement le risque d'une panne du réacteur NRU qui pourrait causer une interruption durable de l'approvisionnement américain en Mo-99. D'autre part, la dépendance de Nordion au HEU importé des États-Unis et l'application des termes de l'amendement Schumer la contraignent à maintenir un programme de

---

[108] Daniel Horner, « NCI knocks Nordion for slow LEU effort, but others question basis for charges », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 22, 28 octobre 2002, p. 5.

[109] *Ibid.*

[110] Document MDS Nordion sumis au NRC, « Confidential Annex. Yearly Status Report for the U.S. Nuclear Regulatory Commissionon the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU Targets for the MAPLE Reactors and the New Processing Facility », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 31 mai 2005, pp. 2-3.

conversion de son procédé de production, ce qui, en termes commerciaux, la défavorise.

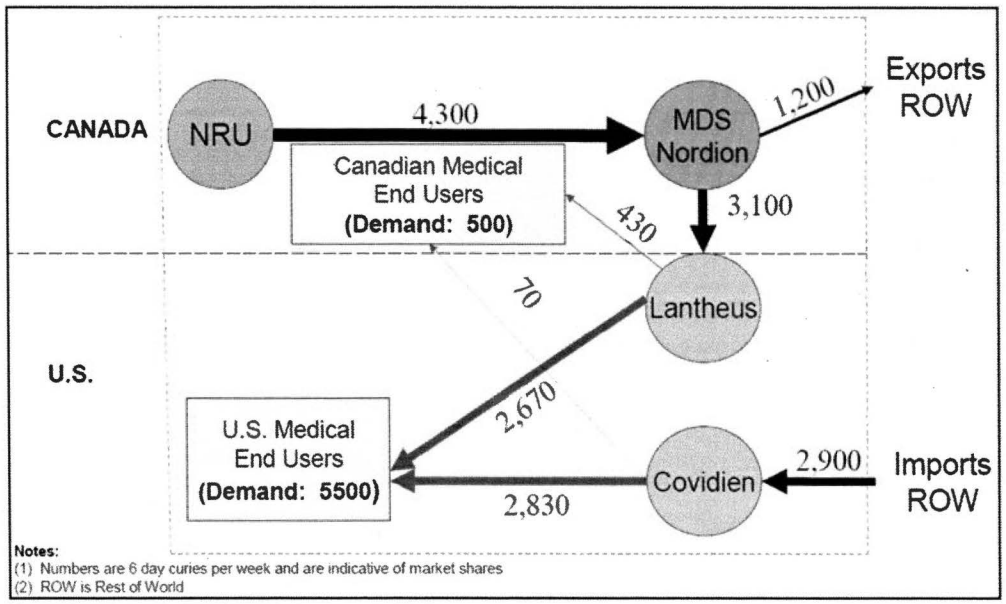

Figure 5.1 Chaîne d'approvisionnement en Mo-99 du Canada vers les États-Unis[111]

La volonté de Nordion, encore plus ou moins dissimulée, de retarder ou d'éviter une transition au LEU finit par transparaître ouvertement lorsque l'amendement Burr est inclus dans la nouvelle loi de politique énergétique votée par le Sénat des États-Unis en août 2005. Cet amendement, qui porte le nom du député républicain Richard Burr, réduit en effet la portée de l'amendement Schumer, en permettant à cinq pays, le Canada, la Belgique, la France, les Pays-Bas et l'Allemagne, d'être exemptés de ses trois contraintes. Plus exactement, l'amendement Burr permet à ces cinq pays d'importer du HEU d'origine américaine, à condition que celui-ci soit destiné exclusivement à la production de radio-isotopes médicaux et cela, jusqu'à ce qu'une

[111] Mohamed Zakzouk, *The 2009-2010 Medical Isotope Shortage: Cause, Effects and Future Considerations*, Bibliothèque du Parlement Canadien, Publication 2009-04-E, 2010, p. 6. Disponible sur: http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/bdp-lop/bp/2009-04-eng.pdf, consulté le 15 juin 2017.

technologie de production basée sur l'utilisation de LEU devienne disponible et soit commercialement viable[112]. Étant donné qu'aucun des quatre pays européens ciblés n'importe du HEU des États-Unis pour produire du Mo-99, il est évident que l'amendement Burr ne s'applique en pratique qu'au Canada et ne bénéficie qu'à l'unique producteur de Mo-99 nord-américain qu'est MDS Nordion.

La genèse de l'adoption de l'amendement Burr remonte à l'année 2003, lorsque Nordion, à travers le lobby d'entreprises radio-pharmaceutiques CORAR, entreprend des démarches auprès de deux sénateurs, Richard Burr et Christopher Bond, pour porter un projet de modification de la législation américaine sur les exportations de HEU. La même année, un « Comittee on Isotope Supply », présidé par Grant Malkoske, vice-président de Nordion, est créé au sein du CORAR. On y retrouve Iain Trevena, autre vice-président au sein de Nordion, Dale Simpson de la compagnie radio-pharmaceutique Mallinckrodt, James Glasgow, avocat et ancien officiel du DOE et du NRC, ainsi que deux lobbyistes, Jim Massie et Richard White. Ces derniers sont membres de l'Alpine Group, un lobby se spécialisant dans la défense des intérêts de l'industrie médicale et pharmaceutique auquel le CORAR a versé 2 M$ depuis 1997 pour le représenter à Washington[113]. Le sénateur Richard Burr est par ailleurs connu pour défendre régulièrement les intérêts de l'industrie nucléaire et des associations de radiologistes et de médecins nucléaires aux États-Unis, dont il a déjà reçu plusieurs fois des dons pour financer ses campagnes électorales[114].

---

[112] *Energy Policy Act of 2005*, p. 4. Disponible sur: https://www.congress.gov/109/crpt/srpt78/CRPT-109srpt78.pdf, consulté le 23 décembre 2017.

[113] Edwin Lyman (Union of Concerned Scientists), « The Congressional Assault on RERTR », *Presentation at the 25th Annual RERTR Meeting*, Chicago, États-Unis, 10 octobre 2003, p. 8.

[114] Pour un récit plus détaillé des démarches réalisées par Nordion et le CORAR, entre 2003 et 2005, pour faire adopter l'amendement Burr par le Sénat américain, voir: Alan J. Kuperman, « Bomb-grade Bazaar. How Industry, Lobbyists, and Congress Weakened Export Controls of Highly Enriched Uranium », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 62, no. 2, pp. 44-50.

Contrairement à l'amendement Schumer, l'amendement Burr n'oblige plus explicitement Nordion à poursuivre un programme de conversion de ses installations au LEU, ni le gouvernement américain, par l'intermédiaire du DOE et d'Argonne, à développer ou participer à un tel programme. Pour obtenir une licence d'exportation de HEU de la part du NRC, il suffit désormais à Nordion de produire une lettre assurant qu'elle n'utilisera le matériau fissile importé qu'à des fins de production de radio-isotopes médicaux. De plus, même si une technologie LEU devenait disponible pour les réacteurs MAPLE, Nordion ne serait dans l'obligation de l'utiliser que si ses coûts de production demeuraient 10% inférieurs à ceux du procédé HEU. Rapporté au prix du Tc-99m obtenu à partir du Mo-99, ce chiffre correspondrait à une augmentation ne devant pas excéder 1% du prix d'une dose unitaire de Tc-99m[115].

Dans la colonne des contraintes, l'exemption accordée au Canada et aux quatre autres pays européens n'est accompagnée que d'une provision sensée maintenir une volonté politique d'utiliser dans le futur des radio-isotopes issus de procédés de production LEU. En effet, l'amendement Burr requiert que l'Académie des sciences américaine conduise une étude permettant de déterminer les options qui s'offrent aux États-Unis de se procurer des radio-isotopes produits à partir de LEU. Les résultats de cette étude devraient être soumis au Congrès dans un horizon de cinq ans[116]. Si pour ses partisans, l'amendement Burr permet de sécuriser à moyen terme l'approvisionnement américain en Mo-99, en exemptant les producteurs européens et nord-américain des contraintes d'importation de HEU, ses opposants considèrent au contraire que la nouvelle législation anéantit l'esprit même de l'amendement Schumer qui se voulait être un incitatif à l'abandon progressif de l'usage civil du HEU[117]. Même s'il subit des modifications et rencontre l'opposition de certains groupes de sénateurs,

---

[115] Frank von Hippel et Laura Kahn, « Feasibility of Eliminating the Use of Highly Enriched Uranium », *op. cit.*, p. 154.

[116] Energy Policy Act of 2005, *op. cit.*, p. 200.

[117] Christina Hansell, « Practical Steps Toward a World without Civilian HEU », *op. cit.*, p. 300.

dont l'artisan de l'amendement de 1992 Charles Schumer, l'amendement Burr est adopté le 23 juin 2005[118].

Soustraite des contraintes de l'amendement Schumer, MDS Nordion se contente désormais de renouveler auprès du NRC ses promesses de conversion, sans que celles-ci ne soient accompagnées de mesures concrètes, comme en témoigne son rapport annuel déposé en mai 2006: « MDS Nordion reaffirms its previous pledges to continue to work toward the production of isotopes through LEU targets »[119]. Pourtant, du côté d'Argonne, des progrès supplémentaires ont été réalisés dans le développement d'un modèle de cible LEU qui soit compatible avec le procédé de production de Mo-99 utilisé par ÉACL. Ce concept a été élaboré et testé avec succès grâce notamment à la collaboration de laboratoires nucléaires basés en Argentine et en Australie, deux pays qui souhaitent démarrer dans un futur proche une production de Mo-99 à partir de procédés LEU. Les cibles proposées par Argonne sont fabriquées à partir de métal d'uranium et non pas de dioxyde d'uranium, comme le sont les cibles HEU des réacteurs MAPLE, ce qui permet d'obtenir une densité d'uranium très élevée, des temps de dissolution de cibles plus rapides ainsi qu'un taux de récupération de Mo-99 similaire à celui du procédé HEU: « This process has Mo-99 recovery efficiencies of over 90 percent, which is similar to the recovery efficiencies for the alkaline and acidic processes that are currently being used by large-scale producers »[120].

---

[118] Alan J. Kuperman, « Bomb-grade Bazaar », *op. cit.*, p. 48.

[119] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Yearly Status Report to the USNRC on the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU targets for the MAPLE reactors », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 31 mai 2006, p. 2.

[120] National Research Council of the National Academies, *Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium*, Washington (D.C.), The National Academies Press, 2009, p. 24. Voir également: G. F. Vandegrift, « Facts and Myths concerning ^{99}Mo Production with HEU and LEU Targets », *Abstracts of the 2005 RERTR Meeting*, 6-10 novembre 2005, p. 3. Disponible sur: http://www.rertr.anl.gov/RERTR27/PDF/S8-1_VandeGrift.pdf, consulté le 18 janvier 2018.

Pour Nordion, cette technologie demeure toutefois économiquement incompatible avec son cahier des charges et ne peut s'appliquer à l'échelle de production qui est la sienne: « The volume of [LEU] Mo-99 product produced in Australia is about 2% to 3% of MDS Nordion's volume [...] There is no demonstrated, qualified, large-scale, commercial process for production of medical isotopes produced from LEU targets »[121]. Nordion mentionne également l'existence d'incertitudes dans l'estimé des différences de coût de fabrication entre cibles HEU et LEU et sur la quantité de cibles LEU nécessaires pour obtenir des quantités similaires de Mo-99[122]. Si ces incertitudes existent réellement, elles ne constituent pas pour autant des obstacles insurmontables. Étant donné que l'élimination complète de l'incertitude technologique sur un projet tel que le MMIR est pratiquement impossible, la position de Nordion apparait plutôt comme une stratégie supplémentaire pour retarder l'échéance de la conversion, ce que ne manque pas de rappeler l'analyste du NCI Alan Kuperman: « If they [Nordion] are going to insist that they have 0% risk, we are never going to have conversion from HEU to LEU »[123].

Alors que la mise en service des réacteurs MAPLE s'est enlisée depuis 2003 dans la question de la valeur de leur coefficient de puissance de réactivité (CPR), Nordion demande à ÉACL en février 2006 de réaliser une nouvelle étude de faisabilité économique et technique pour la conversion de son procédé de production au LEU. Les deux options prises en compte, convertir la NPF existante ou en construire une nouvelle, nécessiteraient selon les résultats de l'étude d'investir entre 150 et 200 M$, une somme que Nordion demande en mai 2007 au gouvernement du Canada de

---

[121] « Yearly Status Report to the USNRC... », *op. cit.*, 19 mai 2004, p. 11.

[122] Document MDS Nordion soumis au NRC, « Yearly Status Report to the USNRC on the Progress of the Program and Canadian Cooperation in Developing LEU targets for the MAPLE reactors », », A-2015-00151, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 31 mai 2007, pp. 16-17.

[123] Alan Kuperman (NCI) cité dans: Daniel Horner, « Nordion sees conversion progress, but critics don't », *Nuclear Fuel*, vol. 29, no. 19, 13 septembre 2004, p. 1.

défrayer: « MDS Nordion and AECL representatives advised NRCan and Foreign Affairs that MDS Nordion would seek 150-200 M$ in government funding in the fall of 2007 to convert the MAPLE reactors plus the NPF from HEU to LEU targets »[124]. Nordion suggère également de demander une subvention au gouvernement américain, démarche que le ministère des Affaires étrangères canadien considère avec réticence, tout comme celle de financer la conversion de la NPF sur des fonds gouvernementaux[125].

En juin 2007, une note interne adressée au ministre des ressources naturelles Gary Lunn indique qu'une conversion de la NPF pourrait retarder le projet de cinq années supplémentaires[126]. L'incertitude relative à l'approvisionnement futur de HEU et les coûts d'une éventuelle conversion de la NPF constituent alors des facteurs importants dans l'analyse économique devant mener ÉACL et le ministère des Ressources naturelles (MRN) à prendre la décision de mettre fin au projet MMIR en mai 2008[127]. Cela est confirmé quelques mois plus tard par le vice-président d'ÉACL Jean-Pierre Labrie, qui précise bien qu'au-delà du CPR des réacteurs, les risques associés aux questions de non-prolifération ont lourdement pesé dans cette décision: « While the PCR issue is the most definitive reason for discontinuing the MAPLE project, it was clear we faced serious additional project risks due to the use of Highly Enriched Uranium (HEU) in the production process »[128].

---

[124] Document du MRN (Division de l'énergie nucléaire), « Briefing Note: Maple Reactor project », 1er novembre 2007, Archives personnelles de Alison Motluk, p. 1.

[125] Mémo de Cassie J. Doyle (sous-ministre MRN), « Memorandum to the Minister - Maple Reactor Project », DC7040-08-076, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 1er juin 2007, p. 4.

[126] *Ibid.*, p. 4.

[127] *Ibid.*, p. 3.

[128] Jean-Pierre Labrie, « Don't count on MAPLE to deliver medical isotopes », *National Post*, 28 juillet 2009. Disponible sur: http://www.pressreader.com/canada/national-post-latest-edition/20090728/281805689933634, consulté le 15 mai 2017.

En janvier 2009, tel qu'exigé par les termes de l'amendement Burr, l'Académie des sciences publie les résultats de l'étude de faisabilité d'un approvisionnement américain en Mo-99 issu de procédés LEU. L'étude conclut à la possibilité de convertir les installations de production de Mo-99, en particulier ceux de Chalk River, pour des coûts de production inférieurs de 10% à ceux des procédé HEU, à condition que ces coûts soient amortis sur une période de 30 ans: « The anticipated average cost increase to convert to the production of medical isotopes without the use of HEU would likely be less than 10 percent for at least three of the four current large-scale producers (MDS Nordion, Mallinckrodt, and Institut National des Radioéléments) »[129]. L'étude confirme également la disponibilité de cibles LEU pour une production de Mo-99 à échelle industrielle, comme c'est le cas à Chalk River, moyennant certaines modifications aux procédés existants.

Au moment même où les résultats du rapport de l'Académie des sciences sont rendus publics, Edwin Lyman, ancien président du NCI et analyste sénior au sein du lobby indépendant de scientifiques *Union for Concerned Scientists*, publie un article d'opinion remarqué dans la revue *Bulletin of the Atomic Scientists*. Il y exhorte notamment le gouvernement des États-Unis à réactiver l'amendement Schumer et à établir rapidement les conditions économiques de mise en place d'une production domestique de Mo-99[130]. L'appel de Lyman est immédiatement interprété dans les médias canadiens comme: « an urge to dump Canadian isotopes »[131]. Il fait également

---

[129] National Research Council of the National Academies, *op. cit.*, p. 5.

[130] Edwin S. Lyman, « Making Domestically Produced Medical Isotopes a National Priority », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 18 décembre 2008. Disponible sur: https://thebulletin.org/2008/12/making-domestically-produced-medical-isotopes-a-national-priority-2/, consulté le 10 juin 2017.

[131] Ian McLeod, « U.S. urged to dump Canadian isotopes », *The Ottawa Citizen*, 8 janvier 2009, p. A1 et p. E9; Ian McLeod, « Forget Canada, U.S. should produce own isotopes: experts » *Canwest News Service*, 7 janvier 2009. En février 2009, Edwin Lyman publie également une tribune dans *The Ottawa Citizen* où il appelle les gouvernements des États-Unis et du Canada à collaborer pour l'établissement d'un procédé de production de Mo-99 basé sur le recours au LEU. Voir: Edwin Lyman, « Break the isotope monopoly. Canada and the U.S. should work together to prevent the next crisis in nuclear medicine production at Chalk River », *The Ottawa Citizen*, 12 février 2009, p. A11.

rejaillir la question du risque terroriste découlant du stockage de HEU sur le site de Chalk River. Il est en effet estimé par des spécialistes en non-prolifération, dont le *Center for Nonproliferation Studies*, que 45 kg de HEU frais sont entreprosés en permanence à Chalk River, ainsi qu'une quantité indéterminée de HEU usé, sous la forme de déchets hautement radioactifs issus de la production de Mo-99. Ces mêmes experts estiment que 40 kg de HEU suffiraient à un groupe terroriste comme Al-Qaïda pour fabriquer une arme nucléaire[132]. Bien que le site des laboratoires de Chalk River bénéficie de la garde permanente d'une troupe paramilitaire, dite *Nuclear Response Force*, et qu'il soit situé à proximité de l'importante base militaire de Petawawa, la production canadienne de Mo-99 suscite de nouveau la controverse publique.

De son côté, MDS Nordion poursuit toujours sa stratégie de sécurisation d'un approvisionnement de Mo-99 issu de procédés HEU. En septembre 2010, la compagnie radio-pharmaceutique paraphe un contrat de dix ans avec l'entreprise nucléaire publique russe Rosatom, afin que cette dernière lui fournisse une production de Mo-99 en réserve à celle issue de Chalk River[133]. Du point de vue de Nordion, cette entente est d'autant plus importante que le réacteur NRU sort d'une période d'inactivité d'un an, en raison d'une panne ayant grandement perturbé le marché mondial du Tc-99m. Le Mo-99 produit en Russie permettrait également à Nordion de continuer à s'affranchir des contraintes issues des politiques américaines de non-prolifération. La nouvelle de l'accord commercial conclu entre Nordion et Rosatom passe initialement sous le radar politique et médiatique. Elle ne fait surface qu'en mars 2012, alors que le Premier ministre Harper participe à un sommet international sur la sécurité nucléaire à Séoul, en Corée du Sud.

---

[132] *Ibid.*

[133] « MDS Nordion enters supply agreement with Russian firm to secure back up isotopes », *The Canadian Press*, 23 septembre 2010.

Lors d'une précédente édition du même sommet, tenue en avril 2010 aux États-Unis, le gouvernement du Canada s'était engagé à réduire son usage civil de HEU. Stephen Harper y avait alors déclaré que le Canada: « is actively participating in international efforts to help ensure that nuclear weapons materials do not fall into the hands of terrorists »[134]. Allant dans un sens contraire à cet engagement, l'accord Nordion/Rosatom met les autorités canadiennes en porte-à-faux avec les États-Unis et les principaux pays producteurs de Tc-99m participant au sommet. En marge de ses activités, le Secrétaire américain à l'Énergie, Steven Chu, rappelle le danger potentiel pour la sécurité nucléaire que représente l'accord Nordion/Rosatom: « In the end, there's going to be a cost to any country if this material ever does fall into the wrong hands ». Chu est rejoint par les représentants des trois principaux producteurs mondiaux de Mo-99, la France, la Belgique et les Pays-Bas, qui critiquent de leur côté l'avantage déloyal que le contrat russe octroie à Nordion, vis-à-vis de leurs industries qui se sont engagées à mettre en place, dès 2015, des procédés de production LEU plus coûteux[135].

En août 2012, quelques mois après le sommet de Séoul, le ministère de la Santé américain annonce l'introduction d'une politique d'achat subventionné de Tc-99m produit grâce à des procédés LEU. Les hôpitaux américains qui opteraient pour un produit de ce type se verraient accorder une subvention publique de 10$ par dose de Tc-99m acheté. La mesure se veut clairement un appui aux producteurs mondiaux de Mo-99 qui ont choisi de convertir leur procédé au LEU ou viennent de rentrer sur le marché avec cette nouvelle technologie: « The monetary bonus is calculated to cover the additional production costs faced by fledgling LEU-based isotope manufacturers

---

[134] Cité par Sarah Diehl et Paula Humphrey, « The April 2010 Nuclear Security Summit: One More Step Toward the Mountaintop », *Nuclear Threat Initiative*, 20 avril 2010. Disponible sur: https://www.nti.org/analysis/articles/april-2010-nuclear-security-summit/, consulté le 20 juillet 2017.

[135] Lee Berthiaume, « Nordion's isotope deal with Russia raises fears », *The Ottawa Citizen*, 27 mars 2012, p. A7.

»[136]. Les avertissements et critiques formulées au sommet de Séoul, ainsi que les mesures subséquentes prises par le gouvernement américain visant à soutenir les procédés LEU, conduisent probablement le gouvernement Harper à faire pression sur Nordion pour que celle-ci mette fin à son contrat avec Rosatom. Cela est chose faite dès le mois d'octobre, puisque la compagnie radio-pharmaceutique annonce dans un communiqué une « restructuration » de son entente avec Rosatom sur la production de radio-isotopes qui exclut désormais l'achat de Mo-99[137].

Trois mois plus tard, en décembre 2012, le Sénat américain adopte l'*American Medical Isotope Production Act*. Ce texte de loi revient sur l'amendement Burr en promulguant, à partir de 2020, l'interdiction d'exporter du HEU à partir des États-Unis à des fins de production de radio-isotopes médicaux[138]. La fenêtre de sept ans, établie entre l'adoption de la loi et son entrée en vigueur effective, devrait permettre au réacteur NRU de continuer à produire du Mo-99 avec un procédé HEU, jusqu'à ce que soient éventuellement implantés des procédés de production LEU aux États-Unis ou ailleurs dans le monde.

5.6 Conclusion

Les différentes politiques mises en place pour contrôler les exportations américaines de HEU, du programme RERTR en 1978 à l'adoption de l'amendement Burr en 2005, ont durablement influencé la trajectoire du projet MMIR. Plus précisément, l'évolution du contexte politique aux États-Unis vis à vis des questions de non-prolifération nucléaire a graduellement mis en lumière la dimension sécuritaire du processus de production des radio-isotopes médicaux à Chalk River. Par ricochet, il

---

[136] Ian MacLeod, « U.S. anti-proliferation move could harm Nordion's medical isotopes business », *The Ottawa Citizen*, 9 août 2012.

[137] « Nordion Restructures Russian Mo-99 Supply Relationship », *Business Wire*, 29 octobre 2012.

[138] Seth Hoedl et Derek Updegraff, « The Production of Medical Isotopes without Nuclear Reactors or Uranium Enrichment », *Science & Global Security*, vol. 23, no. 2, 2015, p. 124.

a affecté le déroulement du projet MMIR en rendant nécessaire la conversion de la NPF au procédé LEU. En effet, jusqu'à la fin des années 1990, le Mo-99 est un radio-isotope central pour la médecine nucléaire, mais c'est aussi un produit rendu banal par son usage largement répandu dans la pratique hospitalière. Néanmoins, à la faveur de l'application des termes de l'amendement Schumer, le statut politique du Mo-99 change dans les années 2000, après que son procédé de production, impliquant le recours au HEU, en soit venu à être considéré comme un moyen plausible de fabriquer des armes nucléaires.

Cette évolution est bien illustrée dans des propos tenus quelques mois après l'arrêt du projet MMIR par le président de la Coalition canadienne pour la responsabilité nucléaire, Gordon Edwards, au *Journal de l'association canadienne de médecine*: « I know that most doctors don't think there's a connection between medical isotopes and bombs, but unfortunately there is »[139]. Ainsi, au même titre que les procédés d'enrichissement de l'uranium ou certains types de réacteurs nucléaires, la production du Mo-99 peut être définie comme une « dual-use technology », expression référant à des technologies ou des procédés pouvant être mobilisés aussi bien à des fins civiles que militaires[140]. La tension entre objectifs de santé publique et objectifs de non-prolifération, exposée ici pour le cas de la production du Mo-99, renvoie donc à l'opposition présentée en introduction du chapitre entre les dimensions médicale/pacifique et nucléaire/sécuritaire caractérisant la politisation des radio-isotopes médicaux depuis les débuts de leur production de masse dans les réacteurs nucléaires à la fin des années 1940.

Du point de vue du projet MMIR, la décision réfléchie d'ÉACL de recourir à des cibles HEU dans la conception des MAPLE, et de poursuivre ainsi l'application

---

[139] Laura Eggerston, « Doctors urged to use diagnostic alternatives to reactor-produced isotopes », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 180, no. 11, 2009, pp. 1102-1103.

[140] Sur la notion de 'dual use technology', voir: John Forge, « A Note on the Definition of 'Dual Use' », *Science and Engineering Ethics*, vol. 16, no. 1, 2010, pp. 111-118.

d'un procédé déjà maîtrisé avec le réacteur NRU, illustre une nouvelle fois le poids des contraintes économiques sur ses choix technologiques, découlant en grande partie de sa relation contractuelle avec MDS Nordion. En effet, sans ces contraintes, il aurait été parfaitement envisageable pour la société d'État d'opter pour le développement d'un procédé LEU, dès la reprise du projet à l'été 1996, et de l'intégrer au fonctionnement de ses installations de production. Au lieu de cela, ÉACL s'embarque au début des années 2000 dans un programme de conversion dont MDS Nordion contrôle le calendrier et définit les objectifs, sans avoir de surcroît l'intention réelle de le mener à terme. La compagnie radio-pharmaceutique adopte plutôt une stratégie visant à maintenir un *statu quo* qui préserve ses intérêts commerciaux immédiats et dispose de plusieurs leviers pour contourner l'application de la législation américaine.

Le premier est le risque d'une interruption de l'approvisionnement américain en Mo-99, rendu crédible par l'âge avancé du NRU et l'arrivée de ses installations de stockage des déchets au bout de leur capacité, est un argument continuellement brandi auprès des autorités américaines pour repousser l'échéance de la conversion de la NPF au LEU. Deuxièmement, la flexibilité d'interprétation des termes de l'amendement Schumer, en particulier l'absence de critères économiques de conversion clairement définis, fournit une parade supplémentaire à Nordion pour repousser les options technologiques proposées dans le cadre du programme RERTR. Troisièmement, l'incertitude technologique qui pèse sur la faisabilité de la conversion de la NPF, exagérée par Nordion selon ses contradicteurs, est une raison additionnelle de ne pas s'y engager dans l'immédiat. Enfin, l'opération de lobbying visant à faire modifier la législation Schumer constitue l'illustration la plus claire de la volonté de Nordion de maintenir en place le procédé de production HEU existant à Chalk River. L'ensemble de ces manœuvres a concouru à la persistance dans le temps de la question de la conversion de la NPF et a contribué à la décision d'ÉACL et du gouvernement fédéral de mettre fin au projet MMIR en mai 2008.

La conversion avortée de la NPF au LEU, de par les enjeux politiques internationaux de non-prolifération nucléaire qu'elle mobilise, démontre une nouvelle fois qu'une reconstruction complète de la trajectoire du projet MMIR requiert une analyse des caractéristiques de la chaîne de production du Mo-99 qui dépasse le simple cadre d'une histoire technique des réacteurs MAPLE. Si, dans le chapitre suivant, nous nous intéressons aux débats relatifs à la valeur du CPR des réacteurs, qui est la principale raison invoquée pour abandon le projet MMIR, nous verrons que cette question est elle-même liée à des considérations extra-techniques dont celle du recours au HEU dans le procédé de production du Mo-99.

CHAPITRE VI - FIN DU PROJET MMIR, 'CRISE DES ISOTOPES' ET FUTUR DE LA PRODUCTION DU TC-99M AU CANADA

6.1 Introduction

Le 16 mai 2008, ÉACL, en accord avec le gouvernement fédéral, met subitement fin aux travaux de mise en service des réacteurs MAPLE. Un communiqué de presse conjoint des ministres des Ressources naturelles et de la Santé indique que le projet est « depuis longtemps aux prises avec des problèmes tant techniques qu'économiques pour lesquels on n'a toujours pas trouvé de solutions », ajoutant que les MAPLE ont « fait l'objet de nombreux tests, dont le dernier en avril 2008, et aucun n'a donné de bons résultats »[1]. Pourtant, quelque mois plus tard, l'un des principaux ingénieurs responsables de l'opération des MAPLE chez ÉACL, Harold J. Smith, conteste la version officielle selon laquelle les problèmes techniques auxquels faisaient face les deux réacteurs étaient sans solutions. Dans une lettre d'opinion publiée par le magazine *Nuclear Engineering International*, Smith affirme que: « The Maple reactor operated like a dream and was/is fully capable of meeting all objectives »[2]. Cependant, en juillet 2009, l'ex directeur du projet MMIR, Jean-Pierre Labrie, persiste à défendre la décision prise par son entreprise, en qualifiant les difficultés techniques auxquelles faisait face les réacteurs MAPLE de « potentiellement insurmontables »[3].

---

[1] Communiqué conjoint de Gary Lunn (ministre des Ressources naturelles) et Tony Clement (ministre de la Santé), « Le gouvernement du Canada accepte la décision d'ÉACL de mettre fin au projet MAPLE », DC7040-08-076, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 16 mai 2008.

[2] Harold J. Smith (ex-Manager MAPLE Nuclear Commissioning), « Viewpoint – The failure of Maple », *Nuclear Engineering International*, 2 octobre 2008. Disponible sur http://www.nuclearfaq.ca/NEI_Smith_Oct2008.htm, consulté le 20 juin 2017.

[3] Jean-Pierre Labrie, « Don't count on MAPLE to produce isotopes », *The National Post*, 28 juillet 2009, p. A14.

Le projet MMIR était-il réellement voué à l'échec à cause d'un vice de conception rédhibitoire? Ou quelques mois de travaux supplémentaires auraient-ils permis de le mener à bien? La première partie de ce chapitre, qui traite des enjeux techniques ayant marqué les dernières années des réacteurs MAPLE, explique les raisons pour lesquelles ces deux positions opposées ont pu être exprimées *a posteriori*. Elle s'intéresse en particulier à la question majeure du coefficient de puissance de réactivité (CPR) dont les ingénieurs d'ÉACL ont tenté en vain d'interpréter la valeur non conforme à la conception initiale des réacteurs MAPLE et qui a constitué la principale raison de l'abandon du projet. L'intérêt de l'analyse présentée dans cette première partie est qu'elle lie également le problème du CPR à d'autres questions, en partie extra-techniques, tel que le recours à l'uranium hautement enrichi dans les cibles de Mo-99 ou l'évolution de la relation commerciale entre ÉACL et MDS Nordion. En définitif, l'analyse de la question du CPR montre qu'il était, au moment de l'arrêt du projet, impossible de prédire avec certitude que les réacteurs MAPLE pouvaient ou non être mis en opération selon les attentes réglementaires de la CCSN, d'autant que le projet a été interrompu au moment même où se préparaient des tests qui auraient pu apporter des éclairages décisifs sur les raisons du comportement observé du CPR.

La seconde moitié du chapitre est consacrée aux conséquences directes et indirectes de l'abandon du projet MMIR. Elle traite en premier lieu des épisodes successifs de défaillances du réacteur NRU, entre 2007 et 2010, qui aboutissent à la 'crise des isotopes'. Cette expression renvoie à un risque de pénurie mondiale en Tc-99m découlant de l'interruption de la production du NRU, conjuguée à l'absence de réacteurs de remplacement qu'auraient dû être les MAPLE. La situation dans laquelle se trouve le système de production des radio-isotopes d'ÉACL durant cette période n'est d'ailleurs pas sans rappeler celle qui a prévalu au début des années 1990: une fragilité de l'approvisionnement causée par le recours à un réacteur âgé, le NRU, assumant un rythme de production élevé; un état d'incertitude technologique qui finit par venir à bout de l'option de substitution, les réacteurs MAPLE; enfin, une structure

commerciale qui joue toujours en faveur de l'acteur privé MDS Nordion et au détriment de l'entreprise publique ÉACL.

L'autre conséquence de l'abandon du projet MAPLE, exposée dans la troisième partie du chapitre, est l'émergence au Canada d'options technologiques alternatives aux réacteurs nucléaires pour la production du Tc-99m. Les investissements réalisés par le gouvernement fédéral, entre 2010 et 2013, dans le développement des accélérateurs linéaires et des cyclotrons marquent non seulement l'abandon du paradigme technologique précédent, mais également une volonté de mettre fin au rôle central du Canada dans l'industrie mondiale du Mo-99/Tc-99m. En effet, les accélérateurs linéaires et les cyclotrons, bien que dotés d'une série d'avantages qui seront exposés plus loin dans ce chapitre, ont des capacités de production bien moindres que celles des réacteurs nucléaires. Ainsi, avec l'abandon du projet MMIR et la fin de la production du NRU en octobre 2016, le Canada se retrouve exclu *de facto* de la compétition pour les marchés internationaux du Mo-99.

6.2 La fin du projet MMIR (2003-2008)

Le projet MMIR est relancé en janvier 2003, après avoir piétiné trois ans en raison de la défectuosité des barres d'arrêt du MAPLE-1[4], tel que relaté au chapitre IV. La reprise n'est toutefois que de courte durée puisqu'à peine six mois plus tard un nouvel évènement force l'interruption des travaux de mise en service. Cette fois, c'est une mesure du coefficient de puissance de la réactivité (CPR) du réacteur qui révèle une valeur positive, alors que les simulations numériques prédisent une valeur légèrement négative. Pour comprendre en quoi le résultat de cette mesure constitue un problème du point de vue du fonctionnement et de la sûreté des MAPLE, il convient

[4] Mémoire d'ÉACL, « Application by AECL for the renewal of the operating licence for the MAPLE reactors », RG 60, BAN 2004-01116-5, boîte 3, vol. H29, CMD 03-H3.1, 15 janvier 2003, p. 3.

d'abord d'expliquer en quoi consiste le CPR et ce qu'il décrit exactement du comportement physique d'un réacteur nucléaire.

6.2.1 La question du CPR

Le CPR est un paramètre qui exprime une variation dans la réactivité du cœur d'un réacteur nucléaire par pourcentage d'unité de puissance. La réactivité du cœur, désignée par le symbole k_{eff}, est elle-même définie par le rapport entre le nombre de neutrons produits et le nombre de neutrons absorbés ou perdus lors d'une réaction en chaîne. Si le rapport k_{eff} est égal à 1, cela signifie que chaque neutron perdu lors d'une fission du combustible génère une nouvelle fission qui libère à nouveau un neutron. Le nombre de neutrons présents dans le cœur demeure donc stable à travers le temps. On dit alors que le réacteur est critique, un état du cœur où la réaction en chaîne s'auto-entretient, puisque la perte d'un neutron est compensée par une nouvelle fission d'un atome d'uranium qui libère un nouveau neutron. La variation de la réactivité mesure l'écart à cet état de criticité du réacteur et s'exprime mathématiquement par l'équation $\Delta k = (k_{eff} - 1)/k_{eff}$. Si la valeur de Δk est positive, le réacteur est dit en régime sur-critique: le nombre de neutrons présents dans le cœur augmente constamment et des mécanismes compensatoires, appelés mécanismes de contrôle de la réactivité, doivent être introduits pour éviter un emballement du réacteur. Inversement, si la valeur de Δk est négative, cela signifie que le nombre de neutrons dans le cœur diminue dans le temps et que la réaction en chaîne doit être entretenue pour éviter que le réacteur ne s'éteigne.

Du point de vue de la sûreté d'un réacteur nucléaire, lors des phases d'augmentation de puissance, il est préférable d'avoir un coefficient de réactivité Δk, et par extension un CPR, négatif car cela évite une surproduction de neutrons dans le cœur. Cette propriété est particulièrement utile dans les situations où l'augmentation de puissance est causée par une défaillance du réacteur telle qu'un bris de conduite, le

blocage intempestif d'une pompe ou une perte de courant. En effet, le CPR négatif amène alors la réaction en chaîne à diminuer d'intensité en situation d'accident, au lieu de l'accentuer si sa valeur est positive. Cela est d'ailleurs reconnu par la CCSN, pour qui: « The MAPLE reactors were designed to have a negative power coefficient of reactivity to minimize the consequences of abnormal or accident conditions »[5]. Pour autant, un CPR positif, s'il est prévu dans la conception initiale du réacteur, ne constitue pas un facteur rédhibitoire pour son opération, à condition d'être compensé par des systèmes de sûreté et de mécanismes de contrôle de la réactivité capables d'éteindre rapidement le réacteur en cas d'accident menant à une augmentation intempestive de sa puissance. Cela est également reconnu dans la réglementation de la CCSN[6]:

> A reactor design that has a positive power coefficient of reactivity is quite acceptable provided that the reactor is stable against power fluctuations, and that the probability and consequences of any potential accidents that would be aggravated by a positive reactivity feedback are maintained within CNSC-prescribed limits.

Le problème avec le MAPLE n'est donc pas que la valeur de son CPR soit positive, mais plutôt que la conception du réacteur prévoit une valeur négative, alors que les mesures expérimentales effectuées à certaines puissances fournissent une valeur positive. En effet, tel que rapporté lors d'une réunion de la CSSN en juin 2003: « AECL reported that, despite having designed the MAPLE reactor to have a small negative power coefficient, the power coefficient based on the reactor measurements during commissioning tests, has proven to be small and positive in the mid-power

---

[5] Barclay Howden, directeur général de la Direction de la réglementation du cycle et des installations nucléaires (CCSN), « Status report on the actions and resolution criteria and progress towards resolving the outstanding issues », RG 60, BAN 2005-00643-2, boîte 2, vol. M41, CMD 04-M28, 8 juillet 2004, p. 2.

[6] Disponible sur: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/mythbusters/index.cfm?pedisable=true, consulté le 17 juin 2017.

range »[7]. Cet écart entre prédiction numérique et mesure expérimentale laisse place à deux pistes d'interprétations: soit les simulations informatiques sont erronées, pour une raison qui reste à déterminer, soit un phénomène physique contribuant à rendre le CPR positif n'a pas été modélisé dans les simulations, son effet n'apparaissant que lors des mesures expérimentales. Le vice-président aux produits et services nucléaires d'ÉACL, Gary Kugler, se veut rassurant en affirmant que la découverte du CPR positif ne change pas fondamentalement les conclusions du rapport d'analyses de sûreté du MAPLE. Mais il reconnaît tout de même que les questions soulevées par l'écart observé entre prédictions et mesures demeure problématique: « the fact that it went from slightly negative to slightly positive certainly does require an explanation »[8].

En mars 2004, presque un an après la mise à l'arrêt du MAPLE, ÉACL est toujours incapable d'expliquer la raison pour lesquelles ses simulations indiquent une valeur contraire aux mesures expérimentales: « without a complete understanding of measured response to a change in power, AECL is unable to identify and assess design and/or operational changes that would restore the reactor to conformance with its design »[9]. Le problème devient d'autant plus préoccupant qu'un CPR positif a également été mesuré dans le MAPLE-2 en janvier 2004, imposant également son arrêt. Il devient alors urgent de corriger les modèles informatiques, afin d'être en mesure de simuler un CPR positif, dans l'optique d'apporter des mesures correctives à la conception du réacteur. D'un point de vue de sûreté nucléaire, le CPR positif mesuré constitue une non-conformité majeure à la conception du réacteur MAPLE. Il a pour conséquence de réduire la couverture de sécurité offerte par les systèmes d'arrêt d'urgence sur certains scénarios d'accidents. Il élimine aussi la propriété de réduction

---

[7] Procès-verbal des réunions des commissaires de la CSSN, 25 juin 2003, p. 126. Disponible sur: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/the-commission/pdf/Minutes-July16-e.pdf, consulté le 17 juin 2017.

[8] Daniel Horner, « Maple start-up hitting new bump: positive power coefficient », *Inside NRC*, vol. 25, no. 19, 22 septembre 2003, p. 10.

[9] Barclay Howden, *op. cit.*, p. 2.

de la réactivité du cœur suivant une augmentation de puissance, en plus d'invalider certaines analyses d'accidents du rapport de sûreté[10].

Pour ÉACL, un moyen rapide de contourner le problème consisterait à amender les analyses effectuées précédemment afin de démontrer que, même avec le CPR positif mesuré, l'opération du MAPLE demeure sécuritaire. ÉACL table notamment sur le fait que les hypothèses formulées sur la valeur des paramètres de sûreté sont suffisamment conservatrices pour compenser la perte de la marge offerte par le CPR négatif qui était prévu[11]. Néanmoins, les résultats de ces nouvelles analyses ne satisfont pas les critères de sûreté de la CCSN et l'option doit être mise de côté: « CNSC has completed its review of the safety case provided by AECL and has concluded that the information does not adequately demonstrate that the MAPLE reactors can be operated safely with a positive PCR »[12].

De son côté, la Commission de sûreté propose à ÉACL d'apporter des modifications à la conception du cœur du réacteur, en particulier au combustible, afin d'obtenir un CPR mesuré négatif. Cette fois, c'est ÉACL qui rejette l'option, la jugeant trop coûteuse et incertaine: « AECL does not seem to be interested in pursuing these options because of the length of time and amount of effort required for such alternatives »[13]. La société d'État avait déjà envisagé, puis abandonné, deux autres options allant dans le même sens que celui proposé par la CCSN, soit l'augmentation de la température de sortie du liquide refroidisseur du cœur de 40 à 45 °C, ou la conception de nouveaux supports à cibles HEU[14]. Dans ces deux cas, les contraintes externes

---

[10] *Ibid.*

[11] Document CCSN, « Update – Status of Maple reactor Positive Power Coefficient », RG 60, BAN 2005-00643-2, boîte 2, volume M39, CMD 04-M14.1, 24 mars 2014, p. 4.1.14.

[12] Mémo de G. Lamarre à Linda Keen, *op. cit.*

[13] *Ibid.*, p. 2.

[14] Barclay Howden, *op. cit.*, p. 3.

pesant sur le déroulement du projet se font sentir, dans la mesure où le retard induit pour la mise en service des MAPLE se répercuterait sur l'opération du NRU et de ses installations de traitement de déchets radioactifs, désormais prolongée jusqu'au 31 décembre 2005. Le NRU demeurant son seul réacteur de recherche actif, ÉACL a d'ailleurs entrepris des travaux visant à allonger sa vie utile jusqu'en 2012: « AECL is now seeking the extension to keep in service the current facility for production of medical and industrial isotopes, fuel and material testing, basis neutron physics research and research and development support for the existing CANDU reactors »[15].

En février et juin 2005, ÉACL fait appel aux services de deux laboratoires nucléaires américains, l'Idaho National Laboratory (INL) et le Brookhaven National Laboratory (BNL), afin de réaliser une vérification indépendante de ses modèles de simulation du cœur du réacteur. Elle leur fournit les dessins à partir desquels ces modèles ont été réalisés, puis laisse INL et BNL construire des modèles à partir de leurs propres logiciels informatiques, indépendamment des hypothèses utilisées par ÉACL. Comme le rapporte un des ingénieurs responsable du projet MMIR lors d'une audience de la CCSN tenue en août 2005: « They are starting from scratch so that they do not use our information to generate their models »[16]. En effet, dans sa démarche pour résoudre la question du CPR, ÉACL fait toujours face à une incertitude majeure. Elle ne sait pas si se sont ses modèles de simulation informatique qui sont en cause, ou s'il existe un phénomène physique qui n'a pas été pris en compte dans les modèles. Pour écarter la première cause, elle espère que les travaux des deux laboratoires nucléaires américains seront concluants, comme le mentionne un ingénieur d'ÉACL Victor Snell:

---

[15] Mémo de J.K. Pereira à Linda Keen (présidente de la CCSN), « Briefing Note – Meeting with Van Adel (AECL) », R9845, BAN 2014-01472-8, boîte 12, clé 818, 14 février 2005.

[16] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 18 août 2005, p. 55. Disponible sur le site de la CSSN: http://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/the-commission/pdf/transH35.pdf, consulté le 17 juin 2017.

« It is our hope that the results will be clean enough to tell us whether the issue is one of computer codes or whether it's an unmodeled phenomena in the reactor »[17].

Pour écarter la seconde raison, ÉACL n'a le choix que de remettre le réacteur MAPLE-1 en marche. Elle pourrait alors réaliser de nouveaux tests pour tenter de comprendre en quoi le comportement réel du réacteur rend la valeur du CPR positive. Cependant, il est impératif d'obtenir un avis favorable de la CCSN avant de procéder à un redémarrage du MAPLE-1 et ce, même à une très faible puissance. La première étape pour ÉACL consiste à obtenir l'autorisation d'opérer à une puissance de 2 kilowatts. Elle doit pour cela réaliser une analyse technique démontrant que l'opération du MAPLE-1 à cette puissance, avec un CPR positif, ne constitue pas un risque du point de vue de la sûreté nucléaire. Si cette autorisation est obtenue, il lui faudrait ensuite obtenir une autorisation similaire, cette fois pour opérer le réacteur aux alentours de 5 MW, plage de puissance où la valeur du CPR avait été auparavant mesurée positivement. C'est là qu'ÉACL souhaite réaliser de nouvelles mesures et tester dans la foulée des modifications mineures au réacteur qui inverseraient éventuellement le signe du CPR. ÉACL espère que les résultats de ces mesures expérimentales, combinées à celles de la vérification des codes effectuée aux États-Unis, permettront de déterminer avec certitude si le problème est de nature informatique ou physique.

Si la mesure du CPR était de nouveau positive et que la vérification des laboratoires américains confirme une valeur 'théorique' négative, cela signifierait qu'il existe un phénomène physique non modélisé dans les simulations qui contribue positivement à la valeur du CPR. ÉACL a déjà anticipé cette possibilité lors de l'audience du mois d'août 2005, comme elle en informe d'ailleurs la CCSN: « AECL performed a systematic formal review of all phenomena that could cause a positive

[17] *Ibid.*

PCR and ranked them in order of importance »[18]. En réalité, ÉACL a isolé, dès novembre 2004, trois phénomènes non modélisés dans ses simulations et pouvant être à l'origine de la valeur positive du CPR. Le phénomène qui retient particulièrement l'attention des ingénieurs est celui du fléchissement des cibles HEU (en anglais, *target bowing*) utilisées pour produire le Mo-99. En effet, lorsque ces dernières sont exposées à des gradients élevés de flux de neutrons thermiques, elles se courbent légèrement dans la direction du flux le plus élevé, ce qui cause un déséquilibre dans la production des neutrons et une contribution positive à la réactivité[19]:

> The bowing phenomenon that we're investigating involves a large flux - thermal neutron flux gradient that one side of the molybdenum-99 targets sees and this causes the targets to deflect in the direction of the highest thermal neutron flux, thereby increasing the reactivity and increasing the fission rate on that one side as opposed to the other side.

Il est important de souligner que les gradients de flux causant le fléchissement des cibles HEU n'interviennent qu'en début de vie du réacteur et ne constituent pas un problème pour son opération à long terme. En effet, l'existence de ces flux est liée à l'état initial du cœur du réacteur où l'uranium hautement enrichi des cibles peut côtoyer des cylindres de combustible d'uranium appauvri, uniquement utilisés pour contrôler la réactivité du cœur en début de vie du réacteur: « flux gradients that could be causing the bowing [...] are related to the initial core where we have depleted uranium fuel next to very highly enriched targets which are causing very large flux gradients »[20]. Encore là, l'importance de la contribution du fléchissement des cibles HEU à la valeur positive du CPR est loin d'être clairement établie. Le seul moyen de s'en rendre réellement

---

[18] *Ibid.*, p. 13.

[19] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 18 octobre 2005, p. 41. Disponible sur: https://cnsc-ccsn.gc.ca/fra/the-commission/pdf/2005-10-18-Transcript-AECL-MAPLE.pdf, consulté le 17 juin 2017.

[20] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN *op. cit.*, 18 août 2005, p. 27.

compte serait d'opérer le réacteur à une puissance de 5 MW, en ayant préalablement remplacé les cibles HEU par des supports sensés empêcher le phénomène de fléchissement, et d'effectuer une nouvelle mesure du CPR: « that would in fact conclusively show that the bowing was or was not, or was part of the discrepancy between the codes and the actual measurement »[21].

La direction prise par les investigations d'ÉACL est confortée par les résultats des analyses effectuées par l'INL et le BNL, les deux laboratoires mandatés pour vérifier les modèles de physique du cœur du MAPLE. Les analyses des caractéristiques physiques et thermo-hydrauliques du cœur du MAPLE-1 à son état initial permettent à l'INL d'établir une valeur négative du CPR variant entre -0.04 et -0.12, pour une plage de puissance du réacteur allant de 2.5 à 10 MW. Les calculs de l'INL confirment ainsi les résultats des simulations d'ÉACL, avec un fait intéressant: aucune des deux méthodes indépendantes n'a prévu de simuler l'effet des charges thermiques ou mécaniques sur le combustible initial du cœur (en anglais, *driver fuel*) ou sur les cibles HEU. Les conclusions du rapport soumis par le BNL à ÉACL en décembre 2005 vont dans le même sens que ceux de son homologue américain: « The measured positive PCR is real; the most probable proximate cause is bowing of the targets; the most probable root cause is the very large flux gradients in the start-up core »[22].

À la suite de ces résultats, ÉACL envisage de réaliser des tests où les barres de combustible d'uranium appauvri seraient déplacées à des endroits du cœur éloignés de l'emplacement des cibles HEU, afin de réduire les hauts gradients de flux. Mais encore faut-il pour cela convaincre la CCSN qu'une opération du MAPLE à moyenne puissance, avec un CPR positif, ne contrevient pas à la règlementation de sûreté en vigueur. Après avoir finalement reçu en juin 2006 l'autorisation de redémarrer le

---

[21] *Ibid.*, p. 29.

[22] Cité dans le rapport ÉACL, « MAPLE 1 reactor Power Coefficient of Reactivity Issue – Status Report », 6401-92000-REPT-001, A-2015-00139, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, février 2006, p. 3-2.

MAPLE-1 à faible puissance, ce n'est que le 30 janvier 2007 qu'ÉACL obtient le feu vert pour opérer son réacteur jusqu'à une limite de 5 MW. Un plan de mesures étalées sur une série de quatre tests doit alors permettre d'isoler les principaux facteurs contribuant à la valeur positive du CPR.

La première série de tests consiste à mesurer la valeur du CPR dans une configuration du cœur initiale, pour des puissances limitées à 2 MW. La série confirme les mesures réalisées en 2003 avec une valeur positive du CPR de +0.28. La deuxième série de tests, qui reprend la même configuration du cœur mais cette fois pour des puissances limitées à 5 MW, donne le même résultat que la première. La troisième série, achevée en août 2007, permet enfin de travailler sur la contribution du fléchissement des cibles HEU, en les remplaçant par des cylindres de combustible LEU. Cette configuration du cœur permet, lors des mesures expérimentales, d'observer une réduction de l'ordre de 30% de la valeur du CPR: « The results showed about a 30 percent reduction in the PCR, which is within the expected range. This reduction confirms that the HEU targets are a significant contributor to the PCR »[23].

La quatrième série de tests, dont la réalisation est prévue entre avril et août 2008, vise à évaluer l'importance des deux autres principales causes suspectées de contribuer à la valeur positive du CPR: le fléchissement du combustible (*fuel driver bowing*) et la température de l'eau recirculée entre les tubes d'écoulement et la paroi interne du réservoir réflecteur du réacteur. Cependant, les tests réalisés sur ce dernier paramètre ne s'avèrent pas concluants: « The test with remediated water flow measured no change in the PCR, the recirculating water was in fact providing adequate cooling »[24]. Dans une dernière série de tests, il reste à évaluer l'effet du fléchissement

---

[23] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 12 décembre 2007, p. 16. Disponible sur le site de la CSSN: https://cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/2007-09-12-Transcript-Hearing-AECL.pdf, consulté le 20 juin 2017.

[24] Harold J. Smith, *op. cit.*

du combustible, phénomène causé par les mêmes gradients de flux de neutrons qui sont à l'origine du fléchissement des cibles HEU: « The contribution from the targets and the contribution from the fuel both depend upon the same physical effect »[25]. Ces tests pourraient s'avérer déterminants puisque l'ingénieur responsable de la mise en service du MAPLE, Harold J. Smith, estime qu'une déformation du combustible aussi faible qu'une fraction de millimètre pourrait complètement expliquer la contribution restante à la valeur positive du CPR: « an outward deflection of a fraction of a millimetre of the Maple fuel elements in the fuel bundles, due to asymmetric heating, would account for 100% of the remaining positive contribution of the PCR »[26].

Comme l'explique en mars 2008 le responsable ÉACL du projet MMIR Jean-Pierre Labrie à un sous-ministre du MRN, l'expérience principale consisterait à opérer le MAPLE-1 à 5 MW avec des grappes modifiées de manière à prévenir le mouvement latéral des cylindres de combustibles, et par conséquent de leur fléchissement lorsqu'ils sont soumis à des gradients de flux élevés. Si l'expérience démontrait une diminution significative de la valeur du CPR, une dernière série de tests devrait être effectuée à l'automne 2008 pour évaluer la valeur du CPR avec d'une part, des cibles HEU contenues dans des supports LEU sensés atténuer le phénomène de fléchissement des cibles, et d'autre part des grappes de combustible modifiées sensées atténuer le phénomène de fléchissement du combustible[27].

---

[25] Témoignages devant le Comité permanent des ressources naturelles, no. 28, session 2, 40ème législature, 18 juin 2009, p. 7. Disponible sur: hhttp://www.noscommunes.ca/Content/Committee/402/RNNR/Evidence/EV4009510/RNNREV28-F.PDF, consulté le 20 juillet 2017.

[26] Harold J. Smith, *op. cit.*

[27] Courriel de Jean-Pierre Labrie (ÉACL) à Sylvana Guindon (sous-ministre MRN), « Maples Timelines », DC7040-08-076, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 20 mars 2008.

Dans leurs investigations du fléchissement du combustible, les ingénieurs d'ÉACL peuvent compter sur l'expérience accumulée avec le réacteur de recherche HANARO, conçu par ÉACL sur la base du concept MAPLE et vendu à la Corée du Sud à la fin des années 1980. Bien qu'ils soient fondés sur le même concept, décrit au troisième chapitre, le MAPLE et le HANARO sont des réacteurs différents. Le second a un cœur plus volumineux et il est doté d'une puissance de sortie de 30 MW, tandis que la puissance du MAPLE est limitée à 10 MW. D'autres différences plus subtiles existent entre les deux réacteurs, notamment au niveau de la conception du combustible. En effet, aux débuts de l'opération du HANARO, des vibrations dans les barres du combustible avaient été observées, ce qui avait obligé les ingénieurs d'ÉACL à en augmenter la rigidité. Cette modification conjuguée à une redistribution géométrique du combustible avait réglé le problème de vibrations, tout en contribuant à une diminution du phénomène de fléchissement[28].

Comme le réacteur HANARO a un CPR prédit et observé d'une valeur négative, l'idée de réaliser des tests sur le MAPLE-1 avec un combustible similaire à celui utilisé dans le réacteur sud-coréen apparaît comme une manière possible de réduire la valeur du CPR. Comme le mentionnara Harold J. Smith lors d'une audience du Comité permanent des ressources naturelles, plus d'un an après l'abandon du projet MMIR,: « my group had calculated the potential contributions from the bowing of LEU elements for MAPLE and HANARO and the reduced impact of bowing of elements of the Hanaro fuel design is not speculation »[29]. Il faut cependant noter que les différences de taille et de puissance de sortie entre les deux réacteurs ont un impact significatif sur l'intensité des gradients de flux de neutrons thermiques qui sont à l'origine des fléchissements des cibles et du combustible. C'est ce que souligne Jean Koclas, professeur en génie nucléaire à l'École Polytechnique de Montréal, lors de son audition

[28] Harold J. Smith, *op. cit.*

[29] *Ibid.*

par le Comité permanent des ressources naturelles à propos de la différence de comportement entre HANARO et MAPLE: « To have surprises when you go to similar technology but just have a reduction in size is not really surprising »[30]. En effet, le HANARO est plus puissant, plus volumineux et doté d'un cœur plus homogène, puisqu'il ne contient pas de cibles HEU et ne produit pas de Mo-99. Par conséquent, la combinaison des caractéristiques que sont la petite taille, la faible puissance de sortie et l'hétérogénéité du cœur font du MAPLE un réacteur unique, malgré sa parenté conceptuelle avec le HANARO, comme l'explique John Waddington, un analyste de la CCSN impliqué dans le projet MMIR[31]:

> The MAPLE reactor is unlike any other reactor. It's very small - about the size of a garbage can. It's quite small, and has a combination of highly enriched fuel in the 'targets' that are to be harvested for their isotopes, and a combination of low-enriched and depleted uranium fuel to drive the core. It is a very non-homogenous core. This small size and the unusual reactor physics seem to have introduced a very sensitive interaction between the dimensions of the core, the fluid mechanics of the core, and the reactor physics that has not been observed before.

À côté de son plan d'investigation de la valeur du CPR en quatre phases, ÉACL opère également un changement de stratégie face à la CCSN, particulièrement visible lors d'une audience publique tenue le 12 septembre 2007. Albert Lee, l'un des principaux ingénieurs en charge de la mise en service des MAPLE, affirme durant son témoignage que si les tests réalisés lors de la quatrième phase du programme permettaient d'arriver à des solutions techniques pouvant réduire la valeur du CPR à une très faible valeur positive, ÉACL tenterait alors de démontrer par de nouvelles

---

[30] Témoignages devant le Comité permanent des ressources naturelles, 18 juin 2009, *op. cit.*, p. 8.

[31] Témoignage devant le Comité permanent des ressources naturelles, no. 37, session 2, 39ème législature, 10 juin 2008, p. 3. Disponible sur: http://www.ourcommons.ca/Content/Committee/392/RNNR/Evidence/EV3566353/RNNREV37-E.PDF, consulté le 20 juillet 2017.

analyses de sûreté que l'opération du réacteur serait sécuritaire avec un tel coefficient, en attendant de trouver une solution à plus long terme pour le rendre négatif[32]:

> If we could demonstrate that we have effective trip coverage and meet all the safety analysis acceptance criteria for a value of the PCR that is acceptably low but greater than zero, we would then make an application to operate the reactor, at up to 8 megawatts while we develop a longer term solution to make it negative [...] Our intent is to define possible remedies to reduce the value of the PCR. Based upon how far we are able to reduce the value of the PCR, we will revise and update the safety analysis to support a mode of operation with whatever the remedies are installed in the core.

Cette stratégie n'est toutefois pas sans risque. Elle introduit une grande part d'incertitude dans le projet en faisant reposer sa réussite sur une approbation de la CCSN qui est très difficile à anticiper. En effet, accepter un CPR positif, même très faible, n'en constitue pas moins un risque du point de vue de la sûreté nucléaire que les agents et commissaires de la CCSN ne seraient pas forcément prêts à accepter. Une des questions qui se pose en particulier est de savoir à partir de quelle valeur positive du CPR, aussi faible soit-elle, le risque pourrait être considéré comme acceptable par la CCSN. Il est impossible pour la Commission de se prononcer d'avance sur cette question, tant qu'ÉACL ne lui a pas soumis des analyses de sûreté. Ces analyses ne garantiraient pas pour autant une réponse favorable de l'agence de réglementation, ses commissaires ayant affirmé quelques mois auparavant qu'une opération du réacteur avec un CPR positif serait très difficile à envisager: « we would find a positive PCR very difficult to accept and someone would have to do a lot of work to convince us of that and we're certainly not convinced of that at the moment »[33]. Les réticences de la

---

[32] Compte-rendu de l'audience publique tenue par la CCSN au sujet de l'octroi d'une licence aux réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2, 12 septembre 2007, p. 37. Disponible sur le site de la CSSN: https://cnsc-ccsn.gc.ca/eng/the-commission/pdf/2007-09-12-Transcript-Hearing-AECL.pdf, consulté le 12 juin 2017.

[33] Cité dans: Mémo de Howard Brown (sous-ministre assistant MRN) à Cassie J. Doyle (sous-ministre MRN), « Memorandum to the Minister - Maple Reactor Project », DC7040-08-076, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 9 février 2007, p. 3.

CCSN ont un écho jusqu'au MRN qui suit les développements du projet MMIR depuis plusieurs mois. Ses hauts fonctionnaires ont également un avis réservé sur la stratégie de repli proposée par ÉACL dans le cas où il lui serait impossible de revenir à un CPR négatif et doutent de son acceptabilité aux yeux du régulateur: « At this stage, it is not completely clear [...] whether the CNSC would be prepared to allow operation with a positive PCR, no matter how small it may be »[34].

C'est au moment d'entamer la préparation de la série de tests décisifs sur l'effet du fléchissement du combustible que les ministères des Ressources naturelles et de la Santé annoncent dans un communiqué, publié le 16 mai 2008, avoir accepté la décision prise par la haute direction d'ÉACL de mettre un terme définitif au projet MMIR. Comment expliquer ce choix, qui coupe soudainement l'élan des investigations d'ÉACL, alors que ses ingénieurs prétendaient être sur la voie de cerner le problème du CPR, voire même de lui proposer une solution? C'est en tous cas ainsi que Harold J. Smith décrit l'état d'avancement des travaux de son groupe devant le Comité permanent des ressources naturelles, ÉACL étant selon lui en avril 2008: « probably four months away from putting the final test in. That test would have contained the engineering fix »[35]. Pour répondre à cette question, il faut délaisser le terrain des investigations techniques et s'intéresser aux développements économiques et politiques qui ont affecté le projet MMIR au milieu des années 2000.

6.2.2 Les ressors économiques et politiques d'une décision technique

Parallèlement à la découverte du problème du CPR et aux premières investigations menées par ÉACL pour le résoudre, les coûts du projet MMIR n'ont

---

[34] *Ibid.*

[35] Témoignages devant le Comité permanent des ressources naturelles, no. 28, session 2, 40ème législature, 18 juin 2009, *op. cit.*, p. 7.

cessé de croître pour finalement largement dépasser le budget initial de 140 M$ établi en 1996. Rappelons qu'à cette époque, l'entente conclue entre ÉACL et MDS Nordion stipulait que les coûts du projet MMIR étaient intégralement imputés à la compagnie radio-pharmaceutique, ÉACL agissant uniquement à titre de contractuel pour la construction du complexe de production. Pour financer les coûts du projet, Nordion avait obtenu un prêt sans intérêt de 100 M$ auprès du gouvernement fédéral. Près de dix ans plus tard, ÉACL et MDS Nordion se rejettent la responsabilité des retards et des coûts supplémentaires associés à la construction, la mise en service et l'opération des deux réacteurs MAPLE. À la fin de l'année 2005, ÉACL projette ainsi qu'un montant supplémentaire de 160 M$ devrait être déboursé pour compléter le projet, ce qui doublerait le premier estimé[36].

Pour résoudre le conflit commercial qui les oppose une nouvelle fois, les deux entreprises font appel en septembre 2005 au médiateur et juge à la retraite Stephen Goudge. Ce dernier a une bonne connaissance du dossier puisqu'il avait déjà été mandaté par le gouvernement fédéral en 1993 lors des négociations pour la reprise du projet MMIR. Cette fois, malgré les pressions exercées par Nordion, le gouvernement refuse de participer aux discussions et se contente de déléguer un avocat du ministère de la Justice à titre d'observateur. En février 2006, les négociations débouchent sur une nouvelle entente commerciale, dite *Interim and Long-Term Supply Agreement* (ILTSA). L'élément clé de cette entente réside dans le fait qu'ÉACL devient le propriétaire des deux réacteurs MAPLE et de la NPF. De ce fait, la société d'État devient responsable des coûts supplémentaires d'achèvement du projet de 160 M$, voire plus s'il continue à s'étirer dans le temps. Le deuxième élément important de l'entente ILTSA est qu'ÉACL a une obligation contractuelle de mettre le MAPLE-1 en service avant le 31 octobre 2008 et le MAPLE-2 un an plus tard, avant le 31 octobre

[36] Document MRN, Division de l'énergie nucléaire, « Briefing Note: Maple Reactor project », 1er novembre 2007, archives personnelles de Alison Motluk, p. 2.

2009. Une fois la production des radio-isotopes amorcée, ÉACL devrait recevoir 33% des revenus des ventes de MDS Nordion, sur la base d'une entente d'approvisionnement s'étalant sur 40 ans, soit la durée de vie utile des deux réacteurs. Finalement, Nordion demeure responsable des éventuels coûts de conversion des MAPLE et de la NPF vers l'utilisation de l'uranium faiblement enrichi[37].

Les termes de la nouvelle entente exercent une pression considérable sur ÉACL puisque celle-ci se voit dans l'obligation de faire fonctionner les deux réacteurs MAPLE dans un horizon de deux ans et demi, alors qu'elle est encore en 2006 dans l'incertitude totale quant à sa capacité à résoudre la question du CPR. De plus, dans un contexte où l'entreprise continue à souffrir du sous-financement de ses laboratoires de recherche, les coûts du projet ne font que peser davantage sur sa comptabilité. La situation est donc préoccupante, comme le confirme un rapport du Vérificateur général, demeuré en partie confidentiel et soumis aux membres du C.A. d'ÉACL en septembre 2007. Le rapport fait notamment mention de trois problèmes majeurs qui continuent, et continueraient dans le futur, à mobiliser d'importants fonds publics: la réalisation du projet MMIR, la conception de la nouvelle génération de réacteurs de puissance CANDU, l'Advanced CANDU Reactor (ACR), ainsi que le remplacement des infrastructures vieillissantes du NRU. La vérificatrice Sheila Fraser ajoute que le gouvernement fédéral, par son refus d'envisager une stratégie de financement à long terme de l'entreprise, n'est pas étranger à sa mauvaise posture: « the Government of Canada, through short-term funding decisions, may have contributed to some of the deficiencies experienced by AECL with regard to the Dedicated Isotope Facility, the ACR and the Chalk River Laboatories infrastructure »[38]. La vérificatrice suggèere que dorénavant, ÉACL collabore étroitement avec le gouvernement pour tenter de résoudre

---

[37] *Ibid.*, p. 3.

[38] Document du MRN, « Briefing note for the Minister for the Meeting of September 28, 2007 », archives personnelles de Alison Motluk, 27 septembre 2007.

les défis propres aux trois projets, surveiller les progrès qui y sont réalisés et surtout, s'entendre sur une manière de les financer adéquatement.

Selon un estimé fourni par le C.A. d'ÉACL au MRN à l'automne 2007, la société d'État perdrait près de 50 M$ par année dans le commerce des radio-isotopes. Bien que marginalement positifs, environ 10 M$ par année, ses bénéfices bruts dans cette branche sont contrebalancés par les coûts du traitement des déchets radioactifs générés par la production de Mo-99 dans le réacteur NRU. Une analyse économique du projet MMIR indique par ailleurs que si les réacteurs MAPLE finissaient par fonctionner, les scénarios où ÉACL pourrait s'en sortir sans pertes auraient des probabilités très faibles de se réaliser: « AECL could more or less get even, but these [scenarios] are not judged to have a high probability of happening »[39]. Les dépenses totales encourues sur le projet au 1er novembre 2007 atteignent alors 545 M$, la part d'ÉACL y contribuant à hauteur de 163 M$ et Nordion à hauteur de 382 M$, incluant les 100 M$ prêtés par le gouvernement fédéral en 1996. Suite à une nouvelle évaluation des finances du projet, le C.A. d'ÉACL établit trois options: la première consiste à poursuivre le projet tel que prévu, en conservant des cibles HEU dans les réacteurs; la seconde option consiste à convertir la NPF et les réacteurs au procédé LEU; enfin, la troisième option envisage de mettre un terme au projet, tout en poursuivant la production du Mo-99 dans le NRU jusqu'en 2012 ou 2016[40].

En raison de son moindre coût, le choix du C.A. se porte sur cette dernière option. En effet, l'abandon du projet devrait permettre à ÉACL d'économiser 85 M$ en flux de trésorerie dans les 18 mois suivants et 360 M$ en coûts de complétion des installations du MMIR[41]. Toutefois, le MRN s'oppose à la décision du C.A. dans un

---

[39] Cassie J. Doyle (sous-ministre au MRN), « Mémorandum to the Minister – MAPLES Project », document non-daté (entre janvier et avril 2008), archives personnelles de Alison Motluk, p. 2.

[40] Document MRN, « Briefing Note: Maple Reactor project », 1er novembre 2007, *op. cit.*, p. 7.

[41] *Ibid.*

premier temps. Le 9 janvier 2008, ÉACL informe son ministère de tutelle qu'elle sera non seulement dans l'incapacité de respecter l'obligation contractuelle nouée dans le cadre de l'ILTSA de mettre en service le MAPLE-1 avant le 30 octobre 2008, mais que toute tentative d'établir un échéancier ferme serait vaine tant que la question du CPR ne serait pas résolue. Entre temps, la facture du projet n'a pas cessé d'enfler puisqu'en janvier 2008, quelques mois à peine après la première évaluation financière du projet, ce sont près de 592 M$ qui ont été dépensés, soit une augmentation de 47 M$ depuis l'automne. À présent, ÉACL estime à 906 M$ les dépenses totales nécessaires pour compléter le projet[42].

Face à ces nouveaux chiffres, le MRN considère sérieusement l'idée d'abandonner le projet MMIR, d'autant plus que le gouvernement fédéral semble peu enclin à financer ces dépenses additionnelles: « The Government is unlikely to accept the proposition that it must pay any price to maintain our leadership position in medical isotopes »[43]. De plus, ÉACL et le gouvernement Conservateur du premier ministre Stephen Harper se trouvent en plein cœur d'une polémique politico-médiatique, à la suite de ce qui constituera le premier épisode de la 'crise des isotopes'. Le gouvernement doit en effet faire face à de virulentes critiques après qu'ÉACL eut décidé en décembre 2007 de poursuivre l'opération de son réacteur NRU pour produire du Mo-99, contre l'avis de la CCSN qui jugeait son fonctionnement non-sécuritaire[44]. La nomination par le MRN d'un nouveau président à la tête de la société d'État, Hugh MacDiarmid, survient également au cours de cet épisode controversé. Le nouveau

---

[42] « Mémorandum to the Minister – MAPLES Project », document non-daté (entre janvier et avril 2008), *op. cit.*

[43] Mémo de Sue Kirby (assistante du sous-ministre au MRN) à C.J. Doyle (sous-ministre MRN), « Your meeting with Mr. Steve West, CEO of MDS Nordion », DC7040-08-095, document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, 18 février 2008, p. 3.

[44] Rennie Mackenzie, « AECL returns NRU to service, aims to produce isotopes within days », *Nucleonics Week*, vol. 48, no. 51, 20 décembre 2007, p. 7; John Ward, « Minister won't discount privatizing government nuclear agency », *The Canadian Press*, 5 juin 2008.

président a pour principal mandat de redresser les finances de la société, dans la perspective d'une privatisation partielle ou totale dans les années à venir[45].

L'annonce de l'arrêt du projet MMIR intervient donc dans un contexte où le gouvernement fédéral souhaite se désinvestir du financement des activités d'ÉACL et où la nouvelle direction de l'entreprise a pour objectif d'en assainir les finances en vue d'une privatisation. À cela, il faut ajouter la question de la conversion de la NPF au LEU qui demeure en suspens et qui, si elle devait finalement avoir lieu avant la mise en service des réacteurs MAPLE, pourrait selon le MRN retarder le projet de cinq années supplémentaires[46]. L'échec des tests réalisés en avril 2008 par les ingénieurs d'ÉACL sur la température de l'eau recirculée du réacteur est alors l'occasion pour la direction de présenter la question du CPR comme insoluble, sans attendre les résultats des expériences devant être effectuées à l'automne sur le fléchissement du combustible. Le communiqué ministériel du 16 mai se limite donc à annoncer que « le projet MAPLE a fait l'objet de nombreux tests, dont le dernier en avril 2008, et aucun n'a donné de bons résultats »[47]. L'argument économique est également mis de l'avant par le communiqué puisqu'il est ajouté que la décision de mettre fin au projet: « est dans le meilleur intérêt des contribuables et permettra à ÉACL de concentrer ses efforts sur des activités commerciales qui sont plus rentables »[48].

La réaction de MDS Nordion à l'annonce de l'abandon du projet intervient moins de deux mois plus tard. Le 9 juillet 2008, la compagnie radio-pharmaceutique annonce qu'elle intente une poursuite judiciaire pour négligence et bris de contrat à

---

[45] Shawn McCarthy, « AECL pulls plug on reactors after millions spent », *The Globe and Mail*, 17 mai 2008.

[46] Daniel Horner, « Questions about future of HEU had role in MAPLE's end, AECL says », *Inside NRC*, vol. 30, no. 11, 26 mai 2008, p. 4.

[47] Communiqué, « Le gouvernement du Canada accepte la décision d'ÉACL », *op. cit.*

[48] *Ibid.*

l'encontre d'ÉACL et du gouvernement fédéral. Le montant des dommages exigés s'élève à un total de 1.6 milliard de dollars. L'action en justice est doublée d'une demande de renvoi en arbitrage dont l'objectif pour Nordion est d'inciter ÉACL à reprendre le projet MMIR dans les plus brefs délais, en vertu de l'accord d'approvisionnement de 40 ans signé en février 2006 par les deux compagnies[49].

Par ailleurs, les procédures engagées par Nordion interviennent un mois après que le principal parti d'opposition, le Parti Libéral du Canada, eut rendu public un mémo confidentiel antérieur à l'annonce de l'abandon du projet MMIR, adressé par des hauts-fonctionnaires du MRN au ministre Gary Lunn. Ces derniers y estiment qu'en annulant le projet, ÉACL risquerait probablement de faire face à une pénalité de 150 M$, mais que les problèmes récurrents rencontrés par le projet MMIR pourraient constituer un frein aux efforts menés dans la privatisation de la division d'ingénierie d'ÉACL[50]. Ces révélations indiquent claiement qu'ÉACL et le MRN étaient prêt à subir les conséquences d'une action judiciaire, plutôt que de poursuivre le projet MMIR, jugé financièrement plus risqué. Ils confirment également que la décision d'abandonner la mise en service des réacteurs MAPLE ne se limite pas au problème du CPR, mais est étroitement liée à la question plus globale du futur incertain d'ÉACL en tant qu'entreprise de la Couronne.

6.3 'Crise des isotopes' et défaillances répétées du NRU

Au moment où le projet MMIR est abandonné, le Tc-99m est plus que jamais un produit central de la médecine nucléaire. Il intervient dans près de 80% des tests effectués en médecine nucléaire à travers le monde et dans 5500 scans par jour au

---

[49] Eric Shackleton, « MDS sues AECL and government for $1.6B over quashed MAPLE reactors », *The Canadian Press*, 9 juillet 2008.

[50] John Partridge et Shawn McCarthy, « AECL lawsuit 'just one more liability' to sale », *The Globe and Mail*, 10 juillet 2008, p. B3. Voir également: Cassie J. Doyle (sous-ministre au MRN), « Mémorandum to the Minister – MAPLES Project », *op. cit.* , p. 3.

Canada. Près de 85% de l'approvisionnement canadien provient du NRU qui occupe également une place centrale dans le système d'approvisionnement mondial en Tc-99m, puisqu'il répond à 40% de cette demande. Autrement dit, les radio-isotopes produits dans le NRU interviennent quotidiennement dans près de la moitié des soins prodigués à 76 000 personnes réparties dans 80 pays différents. Il faut préciser que chacun des deux réacteurs MAPLE, s'il avait fonctionné, aurait pu à lui seul répondre à l'intégralité de la demande mondiale en Tc-99m[51]. On comprend dès lors l'importance que revêtait le projet MMIR pour la médecine nucléaire canadienne et mondiale et le risque de santé publique qu'implique son abandon, puisqu'il fait reposer l'apport canadien en Mo-99 sur la fiabilité du seul réacteur NRU qui a dépassé en novembre 2007 les cinquante années d'opération.

Le risque de crise est exacerbé par le fait que seuls cinq réacteurs nucléaires de recherche, dont le NRU, assurent plus de 95% de la production mondiale de Mo-99. Les quatre autres réacteurs ont des caractéristiques similaires à celles du NRU puisqu'ils s'appuient également sur un procédé de production HEU, sont âgés et donc tout autant sujets à des risques de défaillances. Ces réacteurs sont: le HFR au Pays-Bas qui est en opération depuis 1961, le réacteur BR-2 en Belgique opéré depuis 1962, le réacteur SAFARI en Afrique du Sud opéré depuis 1965 et le réacteur OSIRIS en France opéré depuis 1966 (Figure 6.1). Seul le réacteur australien OPAL, construit en 2007 et s'appuyant sur un procédé de production LEU, parvient à se hisser parmis les grands producteurs de Mo-99. Cette place demeure toutefois marginale et essentiellement cantonnée à la demande du marché australien.

---

[51] Mohamed Zakzouk, *The 2009-2010 Medical Isotope Shortage: Cause, Effects and Future Considerations*, Bibliothèque du Parlement Canadien, Publication 2009-04-E, 2010, p. 3. Disponible sur: http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/bdp-lop/bp/2009-04-eng.pdf, consulté le 15 juin 2017.

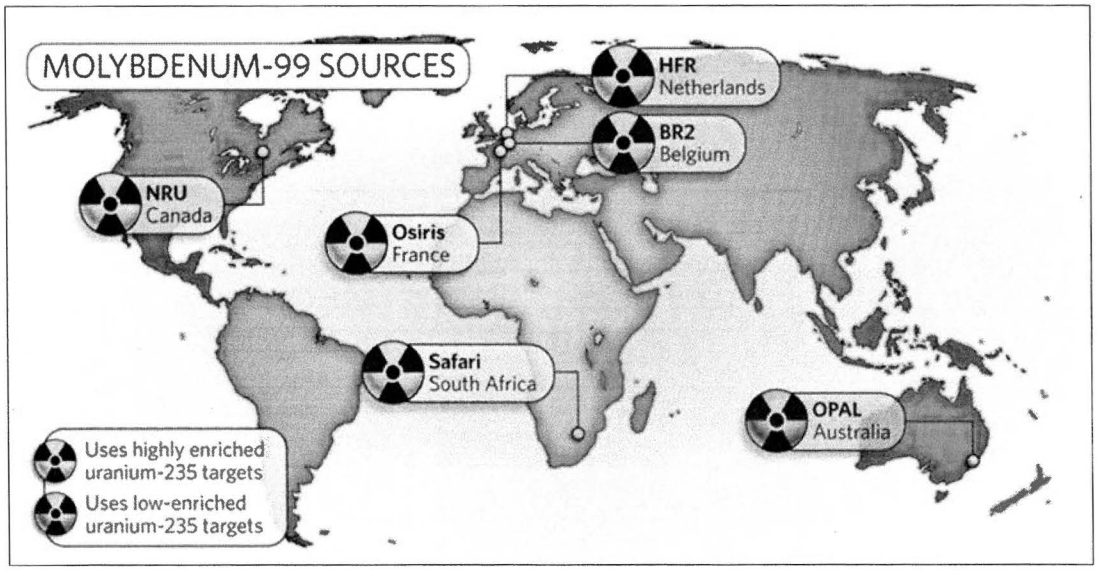

Figure 6.1 Principaux réacteurs de recherche producteurs de Mo-99 en 2008[52]

L'abandon du projet MMIR se produit alors que la fragilité de la chaîne d'approvisionnement du Mo-99 est désormais de notoriété publique. Elle a même alimenté durant plusieurs semaines les manchettes d'un feuilleton politico-médiatique impliquant le gouvernement, ÉACL et la CCSN. Le premier épisode de la 'crise des isotopes' intervient entre novembre et décembre 2007 et prend ses racines dans la gestion mal assurée d'un contrôle de routine du NRU qui devait initialement durer quelques jours avant de se transformer en un arrêt forcé de plus d'un mois. L'immobilisation du réacteur met rapidement la communauté médicale en émoi et force l'intervention du gouvernement fédéral qui, dans une décision inédite dans les annales de la réglementation nucléaire canadienne, choisit d'outrepasser les pouvoirs de la CCSN et de décréter, à la suite d'un vote parlementaire unanime, le redémarrage du réacteur NRU pour une durée temporaire de 120 jours afin de recommencer à produire des radio-isotopes médicaux.

[52] Illustration tirée de: Paula Gould, « Medical Isotope Shortage Reaches Crisis Level », *Nature*, vol. 460, no. 7235, 2009, p. 312.

Cet épisode mérite que l'on s'y attarde car il est une conséquence indirecte de l'accumulation des retards pris dans la réalisation du projet MMIR. En effet, depuis 2000, l'incapacité d'ÉACL à mettre en service les réacteurs MAPLE et la NPF implique de prolonger l'utilisation du NRU pour remplir l'obligation contractuelle d'ÉACL auprès de MDS Nordion. Alors que la licence d'exploitation du NRU expire le 31 décembre 2005, ÉACL entreprend des démarches auprès de la CSSN pour la prolonger jusqu'au 31 octobre 2011, espérant que d'ici là les MAPLE fonctionneraient enfin. La nouvelle licence est accordée par l'agence de réglementation en juillet 2006, après qu'elle eut reçu de la part d'ÉACL l'assurance qu'une série de sept améliorations avaient été apportées à la sûreté du réacteur de recherche, qui atteindrait en 2007 cinquante années d'opération. Parmi les sept opérations de mise à niveau figure les travaux d'implantation d'un nouveau Système d'alimentation électrique d'urgence (SAEU), sensé fournir une alimentation électrique aux six autres systèmes de sûreté ainsi qu'aux deux principales pompes à eau lourde du réacteur. ÉACL s'était engagée dès 1997 à installer ce système d'alimentation électrique, mais avait, pour diverses raisons, repoussé l'échéance durant plusieurs années[53].

Le 5 novembre 2007, l'inspecteur résident de la CCSN aux laboratoires de Chalk River découvre dans la documentation de sûreté du NRU que la connexion entre le SAEU et les deux pompes n'a en réalité jamais été effectuée, contrairement à l'assurance fournie par ÉACL en avril 2006. Le 18 novembre, sans lien avec cette découverte, le réacteur NRU est mis hors service par ÉACL pour un contrôle de routine planifié de longue date et ne devant durer que quatre jours. Deux jours plus tard, le 20 novembre, la contravention relevée au début du mois par l'agent de la CCSN est qualifiée par cette dernière de très importante dégradation à la sûreté du fonctionnement

---

[53] Rapport Talisman International, « Atomic Energy of Canada Limited National Research Universal reactor safety system upgrades and the Canadian Nuclear Safety Commission's licensing and oversight process. A Lessons learned report », juin 2008, p. 2. Disponible sur le site de la CCSN: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/talisman_e.pdf, consulté le 18 juin 2017.

du NRU[54]. Le 21 novembre, veille du redémarrage planifié du NRU, la Commission informe ÉACL de ses préoccupations, ce qui conduit la société d'État à s'engager à ce que le NRU soit maintenu arrêté le temps de tester sur les pompes deux moteurs qui réaliseraient la connexion avec le SAEU. Les décideurs d'ÉACL à Chalk River pensent alors avoir deux options: réaliser la connexion du SAEU aux deux pompes pour se conformer à la documentation réglementaire du NRU ou ne connecter qu'une seule pompe et démontrer par des analyses de sûreté complémentaires qu'une opération du réacteur dans ces conditions ne constitue pas un risque du point de vue de la sécurité nucléaire. Ce serait l'option menant le plus rapidement à un retour en service du NRU qui serait choisie, afin de minimiser le temps d'interruption de la production du Mo-99.

Le 29 novembre, ÉACL soumet une analyse technique documentant le scénario de la connexion du SAEU à une seule pompe, mais celle-ci ne rencontre pas l'approbation de la CCSN: « AECL submitted an incomplete safety case for the one pump option to the CNSC [...] CNSC staff did not feel that it was sufficiently complete and that it contained material informational deficiencies »[55]. Trois jours plus tard, le 2 décembre, ÉACL informe la CCSN qu'elle a finalement abandonné cette option et qu'elle revient au scénario de la connexion du SAEU aux deux pompes, tel que prévu dans le rapport de sûreté du NRU. Le 4 décembre, la société d'État publie un communiqué de presse qui se veut rassurant sur l'état du NRU. Son vice-président principal Brian McGee y affirme que tous les efforts sont mis en œuvre pour remettre le réacteur en marche le plus rapidement possible. McGee reconnaît néanmoins

---

[54] *Ibid.*, p. D-10.

[55] Voir la chronologie des évènements de l'arrêt puis du redémarrage du NRU dans la lettre publique adressée par Linda Keen (présidente CCSN) à Gary Lunn (ministre des Ressources naturelles), 8 janvier 2008. Disponible sur: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/corr_letter_cnsc_min.pdf, consulté le 23 juin 2017.

l'impact qu'un arrêt prolongé pourrait avoir sur la pérennité de l'approvisionnement mondial en Mo-99 dont le Canada est responsable à hauteur de 40%[56].

La sortie médiatique d'ÉACL est suivie trois jours plus tard, le 7 décembre, par un communiqué de presse de la Société canadienne de médecine nucléaire (SCMN) au ton beaucoup plus alarmiste. Cette dernière se dit préoccupée par les conséquences d'une possible pénurie de Mo-99 sur les traitements de certains cancers et de maladies du cœur, du rein et des poumons. La SCMN rappelle ainsi que, chaque semaine, plus de 30 mille patients au Canada et 400 mille aux États-Unis subissent des scans reposant sur l'administration du Tc-99m issu du Mo-99 produit dans le NRU[57]. Plusieurs tests ont déjà dû être annulés dans des hôpitaux de Toronto, Halifax et Saskatoon et certains reportés à Ottawa. Interrogé par le quotidien *The Ottawa Citizen*, David Price, responsable de l'imagerie diagnostique au Queensway Carleton Hospital, où une cinquantaine de scans ont dû être reportés, se montre inquiet pour les semaines à venir: « The longer this goes on, the scarier this will be »[58]. Le président de la SCMN, Doug Abrams, estime de son côté que si le NRU n'était pas rapidement remis en service, ce serait plus de la moitié des 30 mille patients canadiens concernés qui, dans un laps de temps assez court, pourraient être affectés par une pénurie[59].

La percée médiatique de la nouvelle de l'arrêt du NRU précipite l'intervention du gouvernement fédéral, d'abord par la voix du MRN, le ministère de tutelle conjoint

---

[56] Communiqué de presse, « ÉACL fait le point sur le réacteur NRU », *Canada Newswire*, 4 décembre 2007. Disponible sur: https://www.newswire.ca/fr/news-releases/eacl-fait-le-point-sur-le-reacteur-nru-534870571.html, consulté le 15 juin 2017.

[57] Communiqué de presse de la Société canadienne de médecine nucléaire, *Canada NewsWire*, 7 décembre 2007, https://www.newswire.ca/fr/news-releases/canadian-society-of-nuclear-medicine---press-release-534887071.html, consulté le 15 juin 2017.

[58] « Chalk River shutdown hits patients around the world; Hundreds of thousands of tests delayed by lack of nuclear materials », *Ottawa Citizen*, 6 décembre 2007, p. A1.

[59] *Ibid.*

d'ÉACL et de la CCSN. Le 8 décembre, le ministre des ressources naturelles Gary Lunn, en réunion téléphonique avec la présidente de la CCSN, Linda Keen, et d'autres officiels des deux organisations, exige un redémarrage immédiat du réacteur. Selon le compte rendu de la réunion qu'en fera Linda Keen dans une lettre adessée au MRN le 8 janvier: « The Minister, whose manner was abrupt and demanding, started the call by requesting that the Commission immediately convene in order to permit the restart of the NRU reactor »[60]. Deux jours après la réunion, la présidente de la CCSN reçoit une lettre conjointe des ministres de la Santé et des Ressources naturelles insistant de nouveau sur le fait que: « the best solution for Canadians would be to have the NRU up and running again as expeditiously and safely as possible »[61]. Indirectement, les deux ministres font pression sur la présidente de la CCSN, en mettant en doute l'importance supposée du risque encouru en cas de redémarrage du NRU sans connexion des deux pompes face au risque, jugé réel, de crise sanitaire qui se profile si le réacteur était maintenu à l'arrêt[62]:

> We therefore seek an urgent explanation of why you believe it to be essential that both earthquake-proof power backup units be made operational immediately, notwithstanding the result that the health of Canadians and others around the world is being put at risk because of a shortage of isotopes.

Cependant, la présidente de la CCSN maintient sa position, même si elle se dite prête à mettre en place des mesures facilitant l'approvisionnement de MDS Nordion en Mo-99 via d'autres fournisseurs étrangers. La présidente de la CCSN campe d'autant plus sur sa position qu'ÉACL a décidé de privilégier à nouveau un scénario de redémarrage du NRU avec une seule pompe connectée au SAEU. Cette démarche exige

---

[60] Linda Keen (présidente de la CCSN) à Gary Lunn (ministre des Ressources naturelles), *op. cit.*, 8 janvier 2008, p. 17.

[61] *Ibid.*, p. 19.

[62] Extrait cité dans: Gloria Galloway, « Nuclear dispute causing isotope delays », *The Globe and Mail*, 11 décembre 2007, p. A1.

en réalité un amendement à la licence d'opération du réacteur et nécessite des analyses plus approfondies que celles effectuées la première fois par ÉACL, comme le lui rappelle d'ailleurs la CCSN: « This route was selected despite reminders from CNSC staff that the information identified on November 30, 2007 for the supporting safety case had not yet been completed »[63]. De son côté, la société d'État estime qu'elle serait en mesure, dans le cadre du scénario à une seule pompe, de soumettre à la CCSN une analyse de sûreté complète d'ici le 13 décembre et planifie un redémarrage du NRU pour la mi-janvier.

Le 10 décembre en soirée, le gouvernement tente, par l'intermédiaire du ministre des Affaires intergouvernementales, Peter Van Loan, de faire voter à la Chambre des Communes une motion appelant ÉACL et la CCSN à trouver un moyen de redémarrer le NRU dans les plus brefs délais. La motion doit être votée à l'unanimité pour être acceptée, mais le Parti libéral s'y oppose, arguant qu'elle n'a absolument aucun effet opératoire. Le 12 décembre, une motion est finalement adoptée en urgence et à l'unanimité des députés. Elle permet à ÉACL de redémarrer le NRU immédiatement après avoir connecté une seule des deux pompes à eau lourde et ce, pour une période de 120 jours. Ce délai devrait permettre, selon le ministre de la Santé, Tony Clement, de stabiliser la chaîne d'approvisionnement du Mo-99 et de préparer la connexion des deux pompes et la documentation réglementaire nécessaire au respect de la licence d'opération du NRU.

Le Premier ministre Stephen Harper affirme que le redémarrage rapide du réacteur ne constitue pas du tout une menace à la sûreté nucléaire et que c'est au contraire son maintien à l'arrêt qui constitue une menace pour la santé publique. Relativement à l'autorité bafouée de la CCSN, il se justifie en arguant que: « The actions of the regulator, while within its legislative authority, are clearly, in the eyes of

[63] Linda Keen à Gary Lunn, *op. cit.*, p. 16.

the government, not in the public interest »[64]. Il s'appuie notamment sur l'assurance fournie par ÉACL et son vice-président executif, Ken Petrunik, quant à la fiabilité du NRU: « AECL assures the government of Canada that NRU is safe to start up and operate in this [one pump] mode »[65]. En effet, la société d'État considère à présent que la connexion des deux pompes ne constituait pas une obligation, mais simplement une 'amélioration' aux critères de sûreté du NRU, ce qui ne justifie plus l'obligation de son maintien à l'arrêt. Cette position est confirmée par le porte-parole d'ÉACL, Dale Coffin: « Our operating licence, and documents referenced in the licence, do not explicitly mention the connection to the pumps »[66]. Avec cette déclaration, Coffin s'oppose directement au directeur général de la CCSN, Bruce Howden, qui estime que la connexion des deux pompes au SAEU faisait clairement partie des conditions d'octroi de la licence d'opération du NRU[67].

En somme, comme le confie un député conservateur sous couvert d'anonymat, le gouvernement s'est vu obligé de trancher en urgence entre « l'incompétence [d'ÉACL] et l'intransigeance [de la CCSN] », pour éteindre une crise sanitaire aux conséquences potentiellement graves. La décision gouvernementale est néanmoins sévèrement critiquée dans les médias[68]. Elle est considérée comme une remise en cause directe de l'indépendance de la Commission de sûreté vis-à-vis du pouvoir politique, puisque la CCSN bénéficie normalement du statut d'organisme quasi-juridique. Linda Keen qualifie notamment l'échange téléphonique du 8 décembre entre elle et le

---

[64] Rennie MacKenzie, « Canada bypasses regulator, allows NRU isotope production to resume », *Nucleonics Week*, 13 décembre 2007, vol. 48, no. 50, p. 3.

[65] *Ibid.*

[66] « Nuclear agencies at odds over shutdown », *Calgary Herald*, 17 décembre 2007, p. A4.

[67] Rennie MacKenzie, « AECL gets rapped by regulator for upgrade delays at Chalk River », *Inside NRC*, 10 décembre 2007, vol. 25, no. 9.

[68] Jim Brown, « Les conservateurs ont tenté de pousser la CCSN à contourner les règles », *La Presse Canadienne*, 18 décembre 2007.

ministre Gary Lunn d'exemple patent: « of improper interference with both the institutional independence of the CNSC and with the administration of justice »[69]. Par ailleurs, dans la stratégie de communications devant justifier la décision gouvernementale, le Premier ministre Harper n'hésite pas à remettre en cause la compétence de la présidente de la CCSN, laissant entendre que sa nomination à ce poste par le précédent gouvernement Libéral relevait d'un choix partisan: « what we do know is that the continuing actions of the Liberal-appointed Nuclear Safety Commission will jeopardize the health and safety and lives of tens of thousands of Canadians »[70]. La confrontation entre le gouvernement Conservateur et Linda Keen se soldera, le 28 janvier 2008, par la rétrogradation de cette dernière, sur décision du ministre des Ressources naturelles, au rang de commissaire de la CCSN, poste dont elle démissionnera au bout de quelque mois, le 22 septembre de la même année.

Le NRU est remis en service le 17 décembre 2007 et reprend sa production de radio-isotopes une semaine plus tard. Le vice-président de la recherche et de la technologie d'ÉACL, David Torgerson, déclare pour l'occasion que: « depuis ces 50 dernières années, le réacteur NRU a fonctionné de façon sécuritaire et il est maintenant plus sûr que jamais »[71]. Les faits lui donneront tort assez rapidement. Déjà essentiel sur le marché du Mo-99, le rôle du NRU prend une importance supplémentaire en septembre 2008, lorsque le deuxième producteur mondial Mallinkrodt voit sa production interrompue, suite à une panne du réacteur de Petten aux Pays-Bas. Cela

---

[69] Ian Macleod, « Minister meddled in nuclear affairs: watchdog; Keen defends her handling of isotope crisis », *The Ottawa Citizen*, 9 janvier 2008, p. A1.

[70] Martin Mittelstaedt et Gloria Galloway, « Ottawa thwarts nuclear watchdog », *The Globe and Mail*, 12 décembre 2007, p. A1.

[71] « Le réacteur nucléaire de Chalk River est de nouveau en opération », *La Presse Canadienne*, 16 décembre 2007.

oblige le NRU à augmenter sa production de 40% par rapport aux niveaux habituels pour répondre à la demande globale[72].

Comme le mentionne un article publié dans le quotidien *The Ottawa Citizen*: « Until recently Chalk River produced a little more than half of the world's supply of the isotope molybdenum-99, but now it is working nearly double-duty to compensate for the loss of the second-largest supplier, the aging Petten reactor in the Netherlands »[73]. Cela ne va pas sans induire une charge considérable sur les vieilles installations du NRU. Le fonctionnement du réacteur canadien est d'abord interrompu pendant une semaine durant le mois de décembre 2008, après la découverte d'une fuite d'eau lourde dans un joint de la machinerie du cœur de l'appareil[74]. Une seconde interruption survient au mois de février 2009, cette fois à cause d'un problème au niveau du mécanisme d'extraction des cibles HEU du cœur du réacteur. Cette panne cause une légère perturbation de l'approvisionnement, MDS Nordion prévoyant une baisse de 50% de sa production de Mo-99 dans la semaine suivante[75].

Le 18 mai 2009, lors d'un contrôle de routine, la détection d'une nouvelle fuite d'eau lourde dans la cuve du réacteur a cette fois des conséquences majeures[76]. D'abord annoncée pour une période d'un mois, l'interruption du fonctionnement du NRU se prolonge plus un an, le réacteur ne revenant en opération qu'en août 2010. Après l'expérience du premier épisode de la 'crise des isotopes', en décembre 2007, une

---

[72] « Isotope shortage worsens, industry looks for solutions », *Device and Diagnostic Letter*, 15 septembre 2008, vol. 35, no. 6.

[73] Edwin Lyman, « Break the isotope monopoly », *op. cit.*

[74] David Akin, « reactor resumes isotope production; Engineers plan to fix 'significant leak at Chalk River facility », *Ottawa Citizen*, 16 décembre 2008, p. A3; Rennie Mackenzie, « NRU's restart ends worries of potential isotope shortage », *Inside NRC*, vol. 31, no. 1, 5 janvier 2009, p. 1.

[75] « Shutdown at reactor could affect isotope supply », *Canwest News Service*, 16 février 2009.

[76] Rennie MacKenzie, « CNSC monitoring NRU shutdown, discovery of a small heavy-water leak », *Inside NRC*, vol. 31, no. 11, 25 mai 2009.

coordination entre les compagnies responsables de la génération du Tc-99m et les cinq principaux producteurs mondiaux de Mo-99 permet à ces derniers d'élever leurs niveaux de production pour compenser l'arrêt du NRU[77]. D'autre part, certains tests, telles que les imageries du myocarde, sont réalisés avec un radio-isotope substitut, le thallium-201 reposant sur l'utilisation de caméras de visualisation identiques à celles du Tc-99m. Comme l'indiquera plus tard Chistopher O'Brien, président de l'Association de médecine nucléaire de l'Ontario: « There has been a more concerted effort by producers to coordinate reactor shutdowns to ease the impact on supply, while additional capacity has been found in smaller research reactors that traditionally did not produce medical isotopes »[78]

Tout de même, la ministre de la Santé du Canada, Leona Aglukkaq, recommande aux hôpitaux du pays de prévoir des mesures permettant de faire face à une baisse de l'approvisionnement en Tc-99m, telles que les modifications de planning des patients ou le traitement prioritaire de certains types de diagnostics[79]. L'interruption de la production du NRU a également pour autre effet d'augmenter le prix à la vente du Tc-99m. Ainsi, MDS Nordion ne se prive pas d'exploiter la situation pour doubler ou tripler les prix habituels de vente du Mo-99, bien que son prix d'achat auprès d'ÉACL n'ait pas varié. Cette augmentation subie par les manufacturiers de générateurs de Tc-99m est immédiatement répercutée sur leurs clients, hôpitaux et pharmacies, et au bout du compte sur les assurances maladies publiques qui

---

[77] « Lantheus Medical Imaging Inc takes proactive steps to mitigate impact of global molybdenum-99 supply crisis on operations », *Company Reports*, 20 mai 2009; David Akin, « Canada turns to Australia, South Africa for isotopes », *National Post*, 22 mai 2009, p. A5.

[78] Dan Lett, « Nordion retreats from defamation lawsuit », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 182, no. 13, septembre 2010, p. E657.

[79] Elaine Hiruo, « US isotope project in race to offer supply if NRU not relicensed », *Inside NRC*, vol. 31, no. 11, 25 mai 2009, p. 4.

remboursent ces procédures médicales[80]. L'attitude opportuniste de MDS Nordion et son manque de collaboration dans la gestion des situations de crises n'apparaît pas ici pour la première fois. En effet, MDS Nordion a déjà été accusée par ses concurrents d'avoir sapé tout effort de coordination entre les acteurs majeurs de l'industrie du Mo-99 au début des années 2000, notamment pour la mise en place d'un plan de secours en cas de défaillance de la chaîne de production. Cela aurait nécessité le partage de certaines informations entre les producteurs mondiaux de Mo-99, ce que Nordion considérait comme nuisible à sa position dominante sur le marché[81].

Le 28 mai 2009, 10 jours après la panne du NRU, les ministres des Ressources naturelles et de la Santé mandatent un groupe d'experts « pour examiner les propositions des secteurs public et privé relativement à des sources alternatives de production des principaux isotopes médicaux molybdène-99/technétium-99m pour le Canada »[82]. Les deux ministères affichent clairement l'intention de se concentrer prioritairement sur les besoins du Canada. Dix jours plus tard, le premier ministre Stephen Harper confirme publiquement l'intention du Canada de se retirer à moyen terme du marché mondial du Mo-99: « Eventually, we anticipate Canada will be out of the business »[83]. Indirectement, cette décision signifie que le gouvernement n'envisage pas de réactiver le projet MMIR, que MDS Nordion avait tenté de faire ressusciter via une campagne médiatique dans les jours ayant suivi la panne du NRU[84]. De plus, avec

---

[80] Steve Rennie, « Clinics paying more for isotopes after supplier hikes prices », *The Canadian Press*, 20 mai 2009.

[81] Roger Collier, « A black sheep in the nculear family », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 6, p. 68.

[82] « Rapport du groupe d'experts sur la production des isotopes médicaux », 30 novembre 2009. Disponible sur: http://publications.gc.ca/collections/collection_2010/nrcan/M134-11-2009-fra.pdf, consulté le 19 juin 2017.

[83] David Akin, « Canada to get out of isotope game », *Ottawa Citizen*, 11 juin 2009, p. A3.

[84] « MDS Nordion urges government to complete Maple project », *Canada Stockwatch*, 1er juin 2009; David Akin, « Get mothballed MAPLE reactors going, Tories urged », *Ottawa Citizen*, 2 juin 2009, p. A3.

cette annonce, le Canada lance un message aux principaux pays producteurs et consommateurs de Mo-99: le NRU sera réparé et remis en service pour une période transitoire, mais la responsabilité leur échoit désormais d'assumer leur approvisionnement futur.

En avril 2009, le gouvernement du Canada est d'ailleurs à l'initiative de la création d'un 'Groupe à haut niveau sur la sécurité d'approvisionnement en radio-isotopes médicaux' par l'Agence pour l'énergie nucléaire, une branche de l'OCDE. Si l'objectif de ce groupe représentant plusieurs pays de l'OCDE, dont les États-Unis, la France, le Japon et la Grande-Bretagne, est « de renforcer la fiabilité des approvisionnements en Mo-99/Tc-99m à court, moyen et long termes »[85], celui du Canada en particulier est d'impliquer la responsabilité politique et économique des grands consommateurs de Mo-99, tels que les États-Unis et l'Union européenne, dans la garantie d'une chaîne de production stable à l'échelle internationale. La stratégie du Canada est précisée en mars 2010, lorsque le gouvernement Harper annonce que le NRU ne produira plus d'isotopes au-delà de l'année 2016[86]. Le gouvernement confirme alors une nouvelle fois qu'il n'investirait pas de fonds publics additionnels dans la réactivation des réacteurs MAPLE, ajoutant cependant qu'il resterait « ouvert aux propositions du secteur privé qui assumeraient tous les coûts, toutes les responsabilités et tous les risques sans aucun investissement public additionnel »[87].

---

[85] Rapport de l'Agence pour l'énergie nucléaire, « L'approvisionnement en radioisotopes médicaux. Étude économique de la chaîne d'approvisionnement en molybdène-99 : Synthèse », 2010, p. 3.

[86] Mari Serebrov, « Canada to Scale Back Its Role in Global Isotope Production », *Device & Diagnostic Letter*, vol. 37, no. 14, 5 avril 2010.

[87] « Réponse du Gouvernement du Canada au rapport du groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux », 31 mars 2010, p. 14. Rapport disponible sur: https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/eneene/sources/uranuc/pdf/isotopes-gc-re-fra.pdf, consulté le 15 juin 2017.

Cette déclaration indique que le gouvernement semble avoir pleinement saisi la question du déséquilibre existant dans la répartition des coûts et des profits entre les parties publique et privée de l'industrie canadienne des radio-isotopes. Un constat similaire est posé par des experts et des analystes de l'industrie nucléaire, suite à l'arrêt prolongé du NRU. C'est par exemple le cas du consultant Neil Alexander, qui estime que les prix pratiqués par les distributeurs privés, tels que MDS Nordion, ne reflètent pas les coûts réels de la production des isotopes médicaux, puisque ceux-ci sont largement subventionnés par les opérateurs des réacteurs publics dédiés à la R&D nucléaire: « it has historically been possible to produce isotopes cost-effectively only when a reactor was operating to support another program »[88]. De son côté, l'Agence pour l'énergie nucléaire publie en septembre 2010 un rapport intégralement consacré à l'étude économique de la chaîne d'approvisionnement mondial en Mo-99. Elle y relève plusieurs problèmes qui ne sont pas sans rappeler ceux qui ont caractérisé la relation contractuelle entre ÉACL et MDS Nordion depuis la privatisation de cette dernière.

Évoquant d'abord la séparation entre production publique et commercialisation privée, le rapport reconnaît que « bien que ce processus de commercialisation ait été considéré bénéfique pour toutes les parties, les exploitants des réacteurs n'en ont pas reçu les dividendes escomptés ». Il ajoute que les contrats noués entre les deux parties, à l'initiative des gouvernements, auraient été « à long terme favorables aux entreprises de traitement », en plus de créer des barrières à l'entrée économiques indésirables: « une fois ces contrats établis, ils ont déterminé les règles pour les nouveaux transformateurs et exploitants de réacteurs entrant sur ce marché ». Le rapport note aussi que le coût de la gestion des déchets nucléaires issus de la production des isotopes constitue un fardeau important pour la partie publique. Il précise ainsi que « le coût total d'élimination des déchets ultimes n'est pas inclus dans le prix [de vente des

[88] Neil Alexander, « Supply and Demand: Finding a Healthy Balance », dans Nathwani et Wallace, *op. cit.*, p. 85.

isotopes] » et qu'il n'existe pas dans l'industrie « de modèle économique général intégrant les coûts de traitement final et d'élimination des déchets radioactifs liquides »[89]. L'ensemble de ces considérations explique bien la raison pour laquelle le gouvernement Harper souhaite retirer le Canada à moyen terme de la production de masse du Mo-99.

En septembre 2012, la stratégie du gouvernment est confortée par le rendu du jugement de la procédure d'arbitrage initiée par Nordion en juillet 2008. En effet, les arbitres considèrent, à deux voix contre une, que Nordion n'était pas en droit d'engager cette procédure à l'encontre d'ÉACL, sous les termes du contrat d'approvisionnement ILTSA signé en février 2006[90]. Quant aux diverses poursuites judiciaires entamée par Nordion parallèlement à la procédure d'arbitrage[91], elles sont toutes abandonnées en août 2013, au profit de la négociation d'une nouvelle entente d'approvisionnement de Mo-99 provenant du réacteur NRU. L'entente est valable jusqu'au 31 octobre 2016, date à laquelle ÉACL compte mettre le NRU définitivement à l'arrêt. La compagnie de la Couronne ne comprend désormais que les laboratoires de Chalk River, puisque sa division des réacteurs CANDU a été cédée en juin 2011 par le gouvernement Harper au groupe d'ingénierie et de construction SNC Lavalin, pour 15 M$. L'entente qu'ÉACL a cette fois négociée avec Nordion ne repose plus sur un principe d'exclusivité de l'approvisionnement. Elle donne toutefois le droit à la compagnie radio-pharmaceutique d'y mettre terme en tout temps, à partir du moment où elle pourrait s'entendre avec un autre fournisseur de Mo-99. Le partage des profits continue

---

[89] Agence pour l'énergie nucléaire, « L'approvisionnement en radioisotopes médicaux. Étude économique de la chaîne d'approvisionnement en molybdène-99: Synthèse », Rapport NEA#6969, septembre 2010, p. 9. Disponible sur: https://www.oecd-nea.org/med-radio/reports/MO-99-synthese.pdf, consulté le 13 avril 2015.

[90] « Nordion announces decision in arbitration with AECL over cancelled MAPLE project », *Business Wire*, 10 septembre 2012.

[91] Après la première poursuite de 1.6 milliard de dollars intentée par Nordion, d'autres pousuites judiciaires ont été engagées par les deux compagnies l'une à l'encontre de l'autre. Voir: « Canada's Nordion, AECL settle lawsuit », *Reuters News*, 20 août 2013.

à être déterminé sur la base des revenus générés par Nordion et non par les coûts réels de production. Enfin, un contrat courant jusqu'en 2026 est conclu pour fournir un service d'entreposage des déchets radioactifs générés par Nordion sur le site de Chalk River[92].

6.4 Une nouvelle voie pour la production du Tc-99m au Canada: les cyclotrons et les accélérateurs linéaires

Le NRU est finalement remis en marche en août 2010, après qu'ÉACL eut déboursé 114 M$ en frais de réparation et de remise en service. Parallèlement à la finalisation des travaux, le gouvernement fédéral intègre dans le budget du MRN une enveloppe de 35 M$ destinée au développement de nouvelles sources de production de Mo-99. Cette initiative se concrétise dans le programme NISP (Non-reactor Isotope Supply Program) qui, comme son nom l'indique, se concentre sur des technologies de production différentes des réacteurs nucléaires, en particulier celle des accélérateurs linéaires et des cyclotrons.

L'enveloppe de 35 M$ se partage entre quatre projets répartis gèographiquement à travers ld Canada: le laboratoire TRIUMF en Colombie-Britannique, l'Advanced Cyclotron Systems en partenariat avec le Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS) au Québec, la Prairie Isotope Production Enterprise à l'Université de Winnipeg et le Canadian Light Source à l'Université de la Saskatchewan. Le choix de ses institutions n'est pas anodin puisqu'elles ont toutes une expertise dans ce type de technologies et opèrent déjà soit un cyclotron, soit un autre type d'accélérateur. Le laboratoire TRIUMF à Vancouver, grâce à son cyclotron de 500 MeV construit à la fin des années 1970 en partenariat avec ÉACL, produit déjà

[92] « Nordion, AECL settle MAPLE facilities claims », *Canada Stockwatch*, 20 août 2013.

plusieurs types de radio-isotopes pour le compte de MDS Nordion, dont le thallium-201 évoqué plus haut ou le gallium-67 utilisé pour détecter la maladie de Hodgkin[93].

Les accélérateurs produisent des radio-isotopes en quantités bien moindres qu'un réacteur nucléaire. Ce cadre technologique implique donc pour le Canada de renoncer à jouer un rôle central sur le marché international du Mo-99. Mais les accélérateurs ont également certains avantages. Dans un rapport déposé en novembre 2009, le groupe d'experts[94] mandaté par le gouvernement fédéral mentionne trois voies technologiques envisageables avec leurs forces et faiblesses. La première repose sur des accélérateurs linéaires avec une technique dite de photofission, où un faisceau lumineux de haute intensité bombarde une cible d'uranium naturel (U-238) pour produire du Mo-99. Cette option, bien que moins coûteuse qu'un réacteur nucléaire, n'est pas jugée rentable par le groupe d'experts, car trop énergivore. Il faudrait en construire quatre pour satisfaire aux besoins du Canada pour un coût approximatif de 500 M$. De plus, elle « génèrerait d'importantes quantités de déchets nucléaires »[95]. La seconde option repose également sur un accélérateur linéaire, mais avec une technique de production dite de transmutation qui permettrait d'obtenir du Mo-99 en bombardant des cibles de Mo-100, un des isotopes stables du molybdène. Bien que cette option ne génère pas de déchets nucléaires, son rendement économique est tout de même jugé faible.

---

[93] Philippe Gardner et Ann Phong, « MDS Nordion and TRIUMF. Over 20 years of successful collaboration », *TRIUMF Financial Report 2002*, pp. 21-24. Disponible sur: http://admin.triumf.ca/docs/reports/annual_financial_admin2002/Nordion_and_TRIUMF.pdf, consulté le 15 juin 2015.

[94] Le groupe était présidé par quatre personnes: Richard Drouin, avocat conseil et président sortant de la North American Electric Reliability Corporation, Peter Goodhand, président de la Société canadienne du cancer, Thom Mason, directeur du laboratoire national d'Oak Ridge au Tennessee et Éric Turcotte, médecin spécialiste en médecine nucléaire au Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke.

[95] « Rapport du groupe d'experts sur la production des isotopes médicaux », *op. cit.*, p. 6.

La dernière option est celle des cyclotrons. Elle consiste à produire du Tc-99m en bombardant des cibles de Mo-100 avec un flux de protons. Comme l'indique le rapport d'expertise, « il s'agit de la seule façon de produire directement du Tc-99m sans passer par le Mo-99 »[96]. L'avantage de cette option, ne pas avoir à transiter par l'étape de la génération du Tc-99m à partir du Mo-99, est aussi son inconvénient. En effet, le Tc-99m ainsi produit possède une demi-vie de 6 heures, ce qui diminue considérablement son temps de transfert disponible vers les hôpitaux. La situation ne poserait pas de problème pour les centres hospitaliers situés à proximité d'un cyclotron, mais les régions plus éloignées devraient continuer à dépendre des chaînes d'approvisionnements traditionnelles basées sur une production de réacteurs et donc sur du Mo-99 désormais importé de l'étranger. Par conséquent, avec l'option des cyclotrons, « il y aurait toujours un besoin de Mo-99 pour répondre à la demande canadienne dans un avenir prévisible, besoin qui pourrait coexister avec une production directe de Tc99m »[97].

Même si l'option des accélérateurs linéaires n'est pas abandonnée, c'est bien celle des cyclotrons qui est favorisée par le rapport d'experts. Premièrement, ce sont des appareils peu coûteux à construire comparativement à un réacteur nucléaire. Deuxièmement, ils produisent directement du Tc-99m à partir de Mo-100, diminuant considérablement la quantité de déchets radioactifs produits et éliminant le recours à l'uranium qu'il soit hautement ou faiblement enrichi. Les initiatives lancées au Canada pour développer des cyclotrons spécialisés dans la production de Tc-99m ne se privent d'ailleurs pas d'utiliser cet argument pour faire leur autopromotion. C'est notamment le cas du CHUS, pour qui la technologie des cyclotrons « ne produit pas de déchets nucléaires, ce qui en fait la technologie verte de l'avenir »[98]. Il en est de même pour le

---

[96] *Ibid.*, p. 7.

[97] *Ibid.*

[98] Communiqué de presse du CHUS, «Une étude clinique démontre que le technétium produit par cyclotron est équivalent à celui produit par réacteur nucléaire », 16 février 2015. Disponible sur:

gouvernement fédéral qui justifie l'abandon des méthodes de production par la fission et le recours aux accélérateurs comme un moyen d'atteindre les objectifs de non-prolifération nucléaire du pays: « Canada's support for alternative technologies, specifically linear accelerators and cyclotrons, support Canada's non-proliferation goals and nuclear security. These technologies do not use highly enriched uranium, a weapons grade material, in the production of Mo-99/Tc-99m »[99].

Troisièmement, les cyclotrons permettent de rapprocher les lieux de production et les grands centres de consommation du Tc-99m puisqu'il est possible de construire ces appareils au sein même ou à proximité des centres hospitaliers. Enfin, l'installation d'un réseau d'accélérateurs à travers le Canada permettrait de décentraliser la production qui n'aurait alors plus à reposer sur la fiabilité d'un seul réacteur nucléaire. Toutefois, le rapport d'experts précise bien qu'avec les technologies actuelles d'accélérateurs, il ne faudrait pas s'attendre à ce que le Canada atteigne l'autosuffisance en Tc-99m. En raison de l'éloignement de certaines régions des grands centres urbains où seraient déployés les cyclotrons, une dépendance persisterait envers le marché international du Mo-99 et, par conséquent, envers la production des réacteurs de recherche étrangers. Cette limite des accélérateurs, identifiée dès 2009, était toujours d'actualité en mars 2016, alors que le directeur associé du laboratoire TRIUMF, Paul Schaffer, admettait lui-même que les zones rurales canadiennes devraient obtenir du Tc-99m d'autres sources que les cyclotrons nationaux[100].

La première enveloppe gouvernementale de 35 M$, destinée à évaluer la faisabilité technologique des options de rechange aux réacteurs nucléaires, est suivie

---

http://cr.chus.qc.ca/fileadmin/doc_crc/Medias/communiques/2015/20150216_crchus_com_technetium_fr.pdf, consulté le 15 juin 2017.

[99] Mémo au sous-ministre (MRN), « OECD Joint Declaration on the Security of Supply », document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, ATIP-7040-14-671, 17 juillet 2014, p. 5.
[100] Carolyn Brown, « Will new isotope sources be ready in time? », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 188, no. 4, mars 2016, p. 252.

en 2013 d'une seconde enveloppe de 25 M$, l'Isotope Technology Acceleration Program (ITAP). Elle doit permettre aux programmes d'accélérateurs et de cyclotrons mis en place depuis 2010 de passer à l'étape de commercialisation et d'obtention des autorisations réglementaires de la part de la CCSN et de Santé Canada. Entre temps, des avancées encourageantes sont réalisées par les institutions financées pour adapter la technologie des cyclotrons à la production du Tc-99m. En février 2012, l'équipe du laboratoire TRIUMF à Vancouver démontre que la production de Tc-99m est possible dans les cyclotrons déjà existants en Colombie-Britannique et en Ontario. Un an plus tard, elle parvient à produire assez de Tc-99m au British Columbia Cancer Agency pour répondre aux besoins de la région métropolitaine de Vancouver. En janvier 2015, le laboratoire TRIUMF annonce même être parvenu à atteindre des niveaux de production suffisants pour satisfaire à la demande quotidienne d'une population équivalente à celle de la Colombie-Britannique[101].

Au Québec le CHUS reçoit en mars 2012 un cyclotron d'une puissance de 24 MeV construit par Advanced Cyclotron Systems en Colombie-Britannique. Cet appareil vient s'ajouter à un cyclotron de 19 MeV qui était déjà présent au CHUS depuis 1998. La première mission du nouveau cyclotron est de parvenir à subvenir à 50% des besoins du Québec en Tc-99m. En février 2015, des chercheurs du CHUS annoncent être parvenu à produire du Tc-99m d'une qualité équivalente à celui produit dans les réacteurs nucléaires, notamment du point de vue de la qualité des images de scans obtenues et de l'absence d'effet secondaires chez les patients traités avec du Tc-99m produit dans leur cyclotron[102]. Selon l'un des principaux chercheurs du centre, cette réalisation constitue une étape importante vers « la mise en place d'une production

[101] Disponible sur: http://www.triumf.ca/research-highlights/experimental-result/team-demonstrates-solution-tc-99m-crisis, consulté le 15 juin 2015.

[102] Communiqué de presse du CHUS, *op. cit.*, 16 février 2015.

à plus grande échelle et d'une structure de distribution des isotopes vers les centres hospitaliers de la région et du Québec pour 2016 »[103].

En novembre 2017, la CCSN indique qu'un réseau de 25 cyclotrons répartis entre les provinces du Canada est toujours en cours d'installation (Figure 6.2). Cela démontre que malgré les espoirs initiaux du gouvernement fédéral de « constituer une chaîne de production entièrement commerciale à l'horizon 2016 »[104], le développement de procédés de production qui ne sont pas fondés sur la fission de l'uranium connaît également son lot d'obstacles, notamment du point de vue du respect de la réglementation nucléaire et sanitaire canadienne[105]. Cela a notamment conduit le gouvernement fédéral, en février 2015, à maintenir le NRU en état de veille jusqu'en mars 2018, bien qu'il fût initialement prévu que sa production de Mo-99 n'aille pas au-delà d'octobre 2016. Cette décision découle également de la fragilité de la chaîne mondiale d'approvisionnement en Tc-99m, puisque face aux risques persistants de pénurie, l'Agence pour l'énergie nucléaire disait toujours compter sur le fait que le NRU, bien qu'en arrêt de production, demeure en mode 'hot stand-by'[106], jusqu'en 2018. *In fine*, entre le premier épisode de la 'crise des isotopes' en décembre 2007 et l'arrêt définitif de la production du Mo-99 en octobre 2016, ÉACL aura dépensé 350 M$ en frais d'opération et de réparation sur le NRU[107].Depuis l'arrêt de la production

---

[103] Disponible sur: https://www.newswire.ca/fr/news-releases/avancee-clinique-majeure-au-centre-de-recherche-du-chus-a-sherbrooke-quebec-canada---une-etude-clinique-demontre-que-le-technetium-produit-par-cyclotron-est-equivalent-a-celui-produit-par-reacteur-nucleaire-516965001.html

[104] Mémo de Serge Dupont (sous-ministre au MRN), « Memorandum to the Minister: Update on Medical Isotopes in Canada », document obtenu en vertu de la loi sur l'accès à l'information, ATIP-7040-13-664, 20 janvier 2014, p. 3.

[105] Carolyn Brown, « Will new isotope sources be ready in time? », *op. cit.*

[106] Ce mode est défini comme un état du réacteur où: « the production of molybdenum-99 could be resumed sufficiently rapidly to address a significant, prolonged shortage ». Voir: Carolyn Brown, « Medical isotope supply raises concern », *op. cit.*

[107] Carolyn Brown, « Medical isotope supply raises concern », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 188, no. 3, février 2016, p. 181.

du NRU en octobre 2016 et en attendant la mise en place effective d'un réseau national de cyclotrons, le Canada s'approvisionne désormais sur le marché mondial du Mo-99/Tc-99m d'où il a disparu en tant que fournisseur.

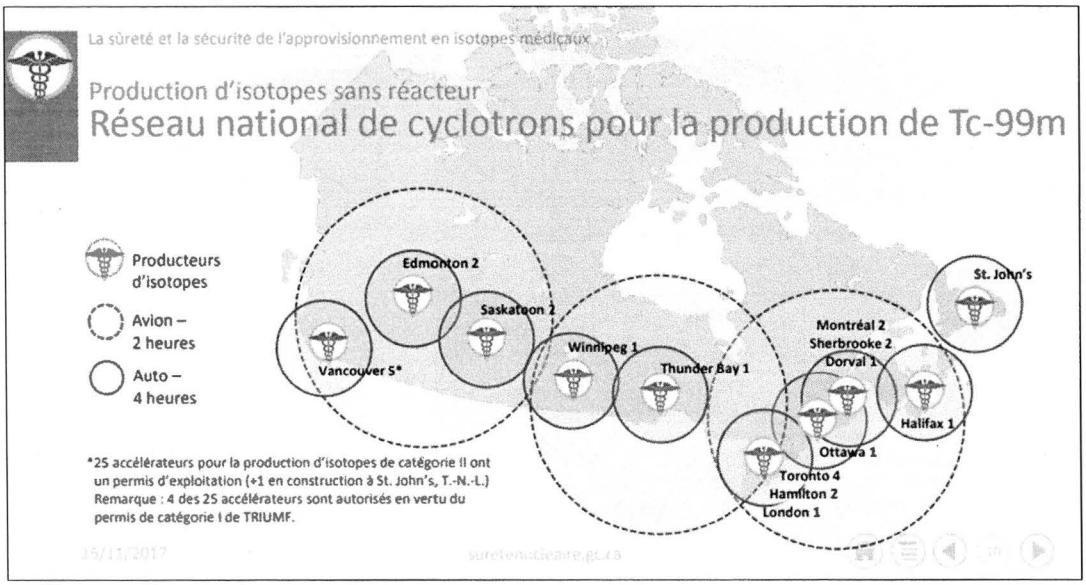

Figure 6.2 Réseau national de cyclotrons et d'accélérateurs linéaires proposé pour la production canadienne de Tc-99m[108]

6.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord examiné la principale cause invoquée par ÉACL pour justifier l'abandon du projet MMIR: son incapacité à interpréter la valeur positive du CPR des réacteurs. Trois conclusions ressortent de notre analyse. Premièrement, la question du CPR n'a en réalité jamais été tranchée d'un point de vue technique, ce qui a permis plus tard aux interprétations contradictoires sur l'opérabilité des réacteurs MAPLE de s'exprimer. De ce point de vue, une des questions qui

[108] Ramzi Jammal (chef de la réglementation des opérations à la CCSN), « La sûreté et la sécurité de l'approvisionnement en isotopes médicaux. La perspective de l'organisme de réglementation nucléaire du Canada », 9ème Expo-conférence internationale sur les isotopes, Doha, Qatar, 15 novembre 2017. Disponible sur: http://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/pdfs/Presentations/VP/2017/20171115-ramzi-jammal-safety-security-supply-medical-isotopes-fra.pdf, consulté le 18 mars 2018.

demeurera toujours en suspens est de savoir si ÉACL, sans avoir réussi à revenir à un CPR négatif, aurait tout de même pu obtenir l'autorisation de la CCSN d'opérer les MAPLE avec un coefficient positif mais très faible, après avoir fourni des garanties de sûreté jugées satisfaisantes. Deuxièmement, la question du CPR n'est pas que technique. Elle possède également une dimension sociale puisqu'elle est liée à une série de décisions politiques et commerciales, tel que le recours aux cibles HEU ou le choix de la puissance de sortie du réacteur MAPLE et de sa taille. Enfin, la décision de mettre fin au projet MMIR ne peut être réduite à l'insolubilité apparente de la question du CPR, mais s'inscrit plus globalement dans un contexte de sous-financement chronique d'ÉACL par le gouvernement fédéral et de déficit financier de sa branche des radio-isotopes découlant des ententes commerciales liées avec MDS Nordion.

La trajectoire du projet MMIR est également l'occasion de constater les changements introduits par la création de la CCSN sur la relation entre l'activité industrielle nucléaire et sa réglementation au Canada. Les audiences publiques tenues au sujet de la question du CPR entre 2005 et 2007 montrent un régulateur qui semble cette fois ignorer le contexte commercial du projet MMIR dans la formulation de ses commentaires et de ses avis sur la sécurité des réacteurs MAPLE. Le statut de tribunal administratif quasi judiciaire qui octroie à la CCSN un pouvoir d'investigation étendu et une plus grande latitude de convoquer des audiences publiques, participe certainement de sa capacité à se montrer inflexible sur la manière de résoudre la question du CPR. L'autre épisode démontrant l'indépendance de la CCSN vis-à-vis d'ÉACL est sa prise position suite à la découverte de la faille de sûreté qui mène à l'arrêt du réacteur NRU en novembre 2007. Malgré le risque de pénurie de Mo-99 qui se profile, la CCSN maintient son avis d'arrêt et il faut l'intervention directe du gouvernement fédéral pour empiéter sur ses prérogatives. L'ex présidente de la CCSN Linda Keen témoignera elle-même de la tension des relations entre son institution et ÉACL au moment du renouvellement de son mandat en 2005: « c'était évident qu'ÉACL avait essayé d'user de son influence afin que je ne sois pas renouvelée. J'ai

affronté le président de l'époque et lui ai demandé ce qui se passait. Il m'a dit qu'ils trouvaient que je ne leur étais pas assez sympathique »[109].

Après l'abandon du projet MMIR, la 'crise des isotopes' qui a suivi les défaillances répétées du NRU a mis en relief la volonté gouvernementale de désengager complètement ÉACL du marché des producteurs de Mo-99. En effet, le climat d'inquiétude suscité par l'instabilité de la chaîne d'approvisionnement mondial en Tc-99m aurait pu inciter le gouvernement fédéral et ÉACL à réactiver le projet MMIR. Mais l'investissement public s'est plutôt tourné vers des technologies de production sensées au mieux garantir au Canada un état d'autosuffisance, l'excluant *de facto* des marchés internationaux du Mo-99. Par conséquent, l'abandon du projet MMIR induit un profond changement dans la stratégie canadienne d'approvisionnement en radio-isotopes, en la réorientant d'objectifs commerciaux vers des objectifs de politique publique. Ainsi, la technologie des accélérateurs et des cyclotrons ne s'impose pas grâce à des critères d'efficacité technique, mais plutôt à la faveur d'un contexte social favorable à ses propriétés (décentralisation de la production, lien direct aux centres de consommation et réponse aux objectifs politiques de non-prolifération) plutôt qu'à celles de l'ancienne technologie des réacteurs nucléaires (production de masse permettant la domination commerciale d'un marché international).

[109] Témoignage devant le Comité permanent des ressources naturelles, no. 27, session 2, 40ème législature, 16 juin 2009, p. 9. Disponible sur: http://www.noscommunes.ca/Content/Committee/402/RNNR/Evidence/EV3999694/RNNREV27-F.PDF, consulté le 22 juillet 2017.

CONCLUSION - TEMPORALITÉS MULTIPLES ET PRISES DE DÉCISIONS DANS LE PROJET MAPLE

Le projet MAPLE à proprement parler se déroule sur une période de 23 ans, entre 1985 et 2008, mais s'inscrit dans une histoire plus longue, celle de l'industrie et du marché des isotopes médicaux, qui se constituent dès le lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Pour comprendre l'ancrage économique et industriel du projet MAPLE, nous avons d'abord établi la genèse et identifié les caractéristiques de l'industrie des radio-isotopes au Canada, en portant une attention particulière à la formation de la chaîne de production du Mo-99. Dans le chapitre I, nous avons dressé le contexte historique qui explique l'émergence de cette industrie et de son marché autour du statut triple des radio-isotopes: celui d'objets scientifiques, d'instruments politiques et de produits commerciaux. D'une part, la croissance du marché des radio-isotopes a accompagné le développement de la médecine nucléaire et de la biologie moléculaire qui en étaient les principales activités consommatrices. Elle a donné lieu au développement de technologies dérivées telles que les machines d'irradiation au cobalt qui contribuent à la consolidation du marché. D'autre part, la demande en isotopes a été politiquement stimulée par les gouvernements et les agences nucléaires publiques, dans le cadre de stratégies de légitimation du développement industriel nucléaire à travers ses 'applications pacifiques'. Au début des années 1970, la chaîne de production et de distribution commerciale du Mo-99 qui s'est formée au Canada incorporait déjà les caractéristiques qui allaient faire sa force et sa faiblesse: la possibilité de produire en masse un produit de haute qualité grâce aux propriétés du réacteur NRU, mais sur un mode centralisé et en flux tendu qui demeurait vulnérable aux éventuelles défaillances de l'un des éléments constitutifs de la chaîne.

Le déplacement de la production des radio-isotopes des cyclotrons universitaires vers les réacteurs nucléaires a fourni les conditions technologiques et

l'assise industrielle pour sa massification. Elle a également scellé la mainmise des entreprises nucléaires gouvernementales, propriétaires des instruments de production, sur le marché émergent des isotopes médicaux. Au Canada, comme au Royaume-Uni ou aux États-Unis, le marché des isotopes et de leurs technologies dérivées s'est ainsi construit comme un monopole étatique. La persistance dans le temps de ce monopole s'explique par l'imbrication de la production des isotopes dans les activités de R&D nucléaire publique orientées vers des finalités civiles (production d'électricité) ou militaires (production d'armes atomiques). Cette imbrication a eu un impact important sur le système de tarification des isotopes qui a été complétement décorrélé des coûts réels de production, en majeure partie absorbés par les budgets de la R&D nucléaire publique. La relation qui s'est établie entre la production des isotopes dans les réacteurs de Chalk River et leur commercialisation par la DPC est emblématique de ce rapport de dépendance économique qui a permis à un marché faussement concurrentiel de subsister jusqu'au déclenchement, 60 ans plus tard, de la 'crise des isotopes'.

Le chapitre II a présenté le déroulement du processus de privatisation de la SR, entre 1985 et 1991, dans une période marquée par une explosion de la demande mondiale en isotopes médicaux et par le déclin du financement gouvernemental accordé à la R&D nucléaire publique. Pour ÉACL, les radio-isotopes constituaient désormais un marché au potentiel lucratif et susceptible d'atténuer la relation de dépendance économique entretenue avec son programme de R&D, alors même que ce dernier faisait face à des coupures budgétaires fédérales sans précédent. La première conséquence de la privatisation de la SR réside donc dans le tarissement d'une source de financement qui aurait été la bienvenue pour renflouer les comptes d'ÉACL, dans un contexte d'austérité budgétaire et de stagnation du marché électronucléaire. La seconde conséquence de la privatisation de la SR est la définition d'une relation contractuelle inégale entre ÉACL, entreprise demeurée publique assumant la majeure partie des coûts de production des radio-isotopes, et la nouvelle entité privée, MDS Nordion, engrangeant la majorité des profits de leur commercialisation. La

socialisation des coûts de production et la privatisation des revenus de la commercialisation, décidée par le gouvernement fédéral, allait totalement à l'encontre de la relation de dépendance économique entre la SR et les laboratoires de Chalk River, telle que décrite au chapitre I. Cette décision a constitué un déclencheur à retardement de la 'crise des isotopes', puisqu'en l'absence de revenus commerciaux suffisants, ÉACL était contrainte de s'appuyer sur des installations de plus en plus vétustes et donc sujettes à des défaillances, tel que démontré par les arrêts répétés du réacteur NRU entre 2007 et 2010. En ce sens, le rapport publié par l'Agence pour l'énergie nucléaire en 2010 confirme bien que « la pénurie [de Mo-99] subie en 2009 et 2010 constitue un symptôme de ce problème économique »[1].

C'est parallèlement au processus de privatisation de la SR qu'a démarré le projet MAPLE. Le chapitre III a décrit la trajectoire de ce premier projet, s'échelonnant entre 1985 à 1993, qui ne consistait alors à construire qu'un seul réacteur, appelé MAPLE-X10. Prévu initialement pour des applications multiples, avant d'être limité à la production d'isotopes médicaux, ce réacteur a porté en lui plusieurs finalités, puisqu'il visait simultanément le marché des réacteurs de recherche pour les pays émergents, la production de Mo-99 pour MDS Nordion et le recentrage du réacteur NRU sur la R&D d'ÉACL. Le MAPLE-X10 était donc un réacteur de démonstration devant consacrer la validité d'un concept technologique, doublé d'un réacteur commercial sensé soulager le fonctionnement des installations de R&D d'ÉACL, de plus en plus monopolisées par le volet « isotopes » de l'entreprise. Encore une fois, la trajectoire du projet MAPLE-X10 ne peut être totalement comprise qu'en la replaçant dans le contexte de la relation existant alors entre la R&D nucléaire et la production commerciale de Mo-99 à Chalk River, la seconde activité prenant de plus en plus le pas sur la première à mesure que la demande en radio-isotopes augmentait et que Nordion se retrouvait en position de quasi-monopole sur le marché nord-américain. Le

[1] Rapport de l'AÉN, *op. cit.*, p.13.

nouveau contrat qui définissait les relations commerciales entre les laboratoires de Chalk River et MDS Nordion a également joué un rôle majeur dans la décision d'ÉACL d'abandonner le projet MAPLE-X en 1993.

La transition du projet MAPLE-X au MMIR a été décrite au chapitre IV. La période de négociation du projet entre 1993 et 1996 a montré une nouvelle fois la faible autonomie dont disposait ÉACL pour définir sa stratégie technologique et commerciale sur le marché des isotopes médicaux. Ce sont en effet les ministères des Ressources naturelles et des Finances qui ont défini en grande partie les termes contractuels du nouveau projet MAPLE. Le MMIR incorporait désormais deux réacteurs nucléaires et une installation de traitement de déchets radioactifs (la NPF) issus de la production du Mo-99. L'obligation de mettre en service ces trois installations dans un laps de temps assez court et les limitations budgétaires ont exercé une pression élevée sur ÉACL, tout autant que sur la CCSN, dès la reprise du projet en 1996. L'examen des premières années du projet MMIR, entre 1997 et 2003, a permis de constater que les réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2 connaissaient des contraintes qui rejoignaient celles du MAPLE-X: la nécessité de mettre fin à l'exploitation du NRU et du FISST, le risque d'interruption de la production du Mo-99, les pertes financières générées par l'entente commerciale avec MDS Nordion, ainsi que le manque de ressources mobilisées sur le projet. Le projet MMIR ne constituait pas pour autant une simple continuation du MAPLE-X10, comme en témoignent les nombreux résultats d'études techniques qu'il fallait réviser constamment ainsi que le nouvel environnement réglementaire, désormais plus contraignant, imposé par la CCSN sur le projet.

Les chapitres V et VI ont analysé les deux raisons qui ont directement mené à l'abandon du projet MMIR en mai 2008: la question du recours au HEU dans les cibles des réacteurs MAPLE et la valeur positive de leur CPR. Les politiques de non-prolifération nucléaire mises en place par les États-Unis afin de contrôler leurs exportations de HEU ont exercé une influence certaine sur la trajectoire du projet MMIR. Leur application a mis en lumière la dimension sécuritaire du procédé de

production industriel des radio-isotopes médicaux d'ÉACL, rendant inéluctable la conversion de la NPF au procédé LEU. De ce point de vue, la décision de maintenir le recours au HEU dans les cibles des réacteurs MAPLE, au moment de la reprise du projet en 1996, illustre une nouvelle fois les contraintes contractuelles pesant sur ÉACL suite à la privatisation de la SR. La primauté des intérêts commerciaux immédiats de MDS Nordion a permis à celle-ci d'élaborer diverses stratégies concourant à maintenir un *statu quo* qui préservait sa position dominante sur le marché du Mo-99, au détriment d'une stratégie à long terme qui aurait pris en compte un enjeu de politique publique important tel que la non-prolifération nucléaire.

Comme la question du recours au HEU, celle du CPR exposée au chapitre VI, bien que relevant à première vue de considérations techniques, a également été surdéterminée par des enjeux économiques et politiques. Ainsi, la décision de mettre fin au projet MMIR doit autant à l'embourbement d'ÉACL dans l'interprétation de la valeur positive du CPR qu'au continuel sous-financement de ses laboratoires de recherche par le gouvernement fédéral et à l'accumulation des déficits par sa branche de production des radio-isotopes. L'abandon du projet en mai 2008 ne marque toutefois pas la fin de la trajectoire des MAPLE, puisque cette décision a eu deux conséquences majeures: la première est de priver la chaîne de production du Mo-99 de réacteurs de substitution au NRU dont les défaillances répétées ont déclenché la 'crise des isotopes'. La seconde conséquence est l'émergence des cyclotrons et des accélérateurs linéaires comme nouveaux instruments de production de Tc-99m au Canada, une option technologique qui excluait définitivement ÉACL de la scène des producteurs mondiaux d'isotopes médicaux.

La trajectoire du projet MAPLE: temporalités et enjeux sociotechniques

Le projet MAPLE répond bien aux caractéristiques d'un GPT présentées en introduction. D'abord, de par sa taille, il a nécessité des investissements humains et

financiers importants, qui n'ont d'ailleurs cessé de croître par rapport aux prévisions à mesure de l'avancement du projet. Ensuite, de par son indivisibilité, le projet ne pouvait aboutir qu'à deux issues: l'échec et une production nulle de radio-isotopes, ou la réussite et une capacité à répondre à 100% de la demande mondiale. Le projet MAPLE se distingue également par le risque et le degré d'innovation technologique qu'il incorporait, une caractéristique visible tant à l'époque du MAPLE-X10 que du MMIR. Le MAPLE est aussi un projet exclusif, puisque l'option des accélérateurs linéaire et des cyclotrons n'a été considérée qu'une fois l'option des réacteurs nucléaires définitivement enterrée en 2009. Finalement, le projet MAPLE se distingue par son impact structurant, puisque sa réussite aurait conforté la structure industrielle et commerciale de la chaîne de production du Mo-99 telle que décrite au chapitre I.

Loin d'être linéaire, la trajectoire du projet MAPLE laisse entrevoir le déroulement de plusieurs temporalités qui se superposent et s'influencent mutuellement. La temporalité technique, à travers la question du CPR notamment, est celle qui a généralement retenu l'attention dans les débats qui ont suivi l'abandon du projet MMIR. Cependant, nous avons montré que plusieurs décisions techniques, parfois prises dès les débuts du projet MAPLE-X, se sont également avérées déterminantes sur la longue durée, illustrant l'importance de la notion de dépendance au sentier dans la définition des trajectoires de GPT. Il suffit de penser à la taille du cœur ou à la puissance de sortie du réacteur, choix fixés en 1987, mais qui sont directement liés à la question de la valeur positive du CPR, qui elle ne survient que 17 ans plus tard, en mai 2003. La modification de la composition métallurgique des cibles HEU, décidée avant la reprise du MMIR en 1996, introduit également des incertitudes importantes dans la suite du déroulement du projet.

Ces contingences empêchent de considérer les réacteurs MAPLE-1 et MAPLE-2 comme une simple reprise du MAPLE-X10, dont la construction avait été interrompue en novembre 1993. L'on constate ainsi que certains choix techniques rendaient la trajectoire du MMIR (1997-2008) dépendante de la trajectoire du MAPLE-

X (1985-1993), tandis que d'autres contribuent au contraire à dissocier les deux et à doter chacun d'enjeux spécifiques. Les choix techniques ne s'effectuent évidemment pas indépendamment des enjeux politiques et commerciaux du projet, comme en témoignait par exemple les changements successifs apportés aux caractéristiques du concept MAPLE-X qui sont grandement influencés par la situation financière d'ÉACL et les échéanciers du projet à respecter. Ces facteurs sont eux-mêmes déterminés en partie par la relation économique, en cours d'inversion au cours des années 1980, entre R&D nucléaire et production des isotopes médicaux à Chalk River.

La temporalité réglementaire ou normative du projet MAPLE se déroule d'abord sur le front des relations entre ÉACL et la CCEA/CCSN. Durant la première période, les échanges entre ingénieurs d'ÉACL et agents de la CCEA concernant la définition des critères de sûreté pour un « réacteur de petite taille » tel que le MAPLE-X10 ont grandement contribué à l'incertitude du projet. Un constat similaire peut être dressé vis-à-vis de la défaillance des barres d'arrêts du MAPLE-1, entre 2000 et 2002. Ces échanges montrent que, pour ÉACL, la temporalité réglementaire ne consiste pas simplement en un processus de mise en conformité avec des règlements et des normes techniques immuables, dont la CCSN serait garante de l'application. Cette temporalité s'apparente plutôt à un processus itératif faisant converger le design du réacteur vers une solution négociée, qui prend non seulement en compte les exigences de la réglementation mais considère également les contraintes extra-techniques pesant sur le projet. Cela est démontré à au moins deux reprises. Une première fois, lorsque la CCEA a octroyé à ÉACL le permis de construction du MAPLE-X10, en septembre 1993, dans le cadre d'une procédure d'« approbation hâtive » qui considérait la nécessité pour ÉACL: « de respecter ses échéanciers d'approvisionnement de radio-isotopes à des fins médicales »[2]. Une deuxième fois, lorsque la solution choisie pour mettre fin à la défaillance des barres d'arrêt du MAPLE-1 n'était pas forcément la plus désirable du

[2] Document CCEA, BMD 93-160, *op. cit.*, p. 1.

point de vue de la sûreté, mais celle qui privilégiait l'entrée en service la plus rapide des nouveaux réacteurs. A contrario, d'autres épisodes, tels quel la question du CPR ou l'arrêt forcé du réacteur NRU en novembre 2007, ont laissé entrevoir des prises de position plus intransigeantes de la part des agents et commissaires la CCSN. Ainsi, la trajectoire du projet MAPLE permet de mettre à jour un rôle de l'instance de réglementation loin de correspondre à la vision schématique d'un simple organe d'enregistrement et de validation des ambitions technologiques et industrielles d'ÉACL.

La réglementation des exportations de HEU des États-Unis vers les laboratoires de Chalk River constitue la seconde dimension de la temporalité réglementaire du projet. Son impact est important, ne serait-ce que par les ressources dont elle a exigé la mobilisation de la part d'ÉACL et MDS Nordion sur l'étude de conversion de la NPF au LEU. Le principal obstacle au respect du cadre réglementaire inscrit dans l'amendement Schumer n'était pas de nature technique, mais résultait plutôt d'un rapport de force qui s'est instauré entre le NRC et MDS Nordion. D'un point de vue de santé publique, le gouvernement américain était contraint de poursuivre ses importations canadiennes de Mo-99, qui ont longtemps constitué sa seule source d'approvisionnement disponible. Toutefois, il ne pouvait continuer à le faire indéfiniment dans le cadre d'un procédé industriel reposant sur du HEU de provenance américaine. D'un autre côté, MDS Nordion était dépendante de la disponibilité de ce matériau pour poursuivre son activité commerciale et, par conséquent, forcée de subir la législation américaine. Mais elle est parvenue à alléger cette contrainte en brandissant le risque d'une pénurie de radio-isotopes en cas d'interruption des exportations américaine de HEU, ce qui a permis le maintien d'une situation de *statu quo*. L'incertitude générée par l'instauration de ce rapport de force entre le gouvernement des États-Unis et MDS Nordion a contribué en partie à la décision des autorités canadiennes de mettre fin au projet MMIR.

La temporalité gestionnaire exerce également des contraintes importantes sur la trajectoire du projet MAPLE. D'abord, le manque de ressources budgétaires et les échéanciers serrés ont rapidement limité la portée du projet MAPLE-X. Elles ont été à l'origine de décisions aux conséquences majeures, telle que la limitation de la puissance du réacteur à 10 MW ou sa spécialisation dans la production des isotopes médicaux. Dans un second temps, la négociation du projet MMIR entre 1993 et 1996 a introduit un nouvel échéancier pour la mise en service des deux réacteurs MAPLE et de la NPF. Prévue en 2000, une entrée en fonction aussi rapide du complexe de production était jugée irréalisable par la CCEA et a poussé ÉACL à abaisser ses standards de contrôle de la qualité des travaux d'ingénierie afin d'accélérer le rythme de réalisation du projet. Certains choix techniques déterminants pour la trajectoire du projet MMIR ont découlé des termes de ce nouveau contrat. Par exemple, la modification apportée au concept des cibles de Mo-99 était sensée rendre l'exploitation de la NPF moins coûteuse, mais a introduit par ailleurs des incertitudes dans la sûreté du réacteur et a nécessité la révision de plusieurs calculs et analyses techniques, qui ont ralenti le projet et ont en augmenté les coûts. En février 2006, la négociation d'une nouvelle entente commerciale entre ÉACL et Nordion a fixé l'entrée en opération du MAPLE-1 à octobre 2008, échéance tout aussi illusoire que la première, compte tenu des difficultés rencontrées par ÉACL dans la résolution de la question du CPR. L'entente a également contraint ÉACL à assumer les coûts additionnels du projet MMIR, dont l'inflation continuelle a conduit à son abandon en mai 2008, quelques mois avant la date contractuelle d'entrée en service du réacteur MAPLE-1.

Finalement, il est essentiel de considérer la temporalité politique du projet MAPLE pour être en mesure d'en restituer la trajectoire complète. Celle-ci se perçoit d'abord par les répercussions de la privatisation de la SR sur la redéfinition des propriétés du MAPLE-X qui est passé d'un appareil de R&D nucléaire aux usages versatiles à un réacteur spécialisé dans la production des radio-isotopes médicaux. L'épisode de la privatisation a également eu pour conséquence d'induire une pression

importante sur le fonctionnement des réacteurs de recherche d'ÉACL, de plus en plus mobilisés pour l'activité commerciale de Nordion. La privatisation de la SR a ultimement conduit ÉACL à abandonner le projet MAPLE-X10 en 1993, la rentabilité commerciale de la production du Mo-99 devenant impossible à atteindre. La temporalité politique se manifeste également durant la période de renégociation du projet, entre 1993 et 1996, qui a largement fait intervenir les ministères des Ressources naturelles et des Finances dans la transformation du livrable initial d'un seul à deux réacteurs MAPLE et une installation de traitement de déchets radioactifs. Finalement, après l'abandon du projet en mai 2008, le gouvernement fédéral a joué un rôle central dans la redéfinition de la politique canadienne de production d'isotopes médicaux, qui est à présent tournée vers la technologie des cyclotrons et des accélérateurs linéaires. Cette décision scelle définitivement le sort des installations du MMIR dont les chances d'être remises en chantier sont désormais quasiment nulles.

ÉACL et la privatisation de la SR: l'État et ses entreprises technologiques

La genèse de la privatisation de la SR se trouve dans la transformation implicite du mandat d'ÉACL, à la fin des années 1970, sous l'impulsion du ministère de l'ÉMR. Dominée par une culture de R&D et de performance technologique l'entreprise publique a dû donner priorité à des objectifs de responsabilité financière et de rentabilité commerciale. Au début des années 1980, les prévisions de croissance de la consommation d'électricité, qui permettaient d'envisager une forte expansion du secteur nucléaire au Canada, ont très largement été revues à la baisse, alors qu'ÉACL peinait également à exporter ses centrales CANDU. La situation a entraîné une perte d'autonomie de l'entreprise publique vis-à-vis du gouvernement, qui s'est traduit par une influence grandissante de l'ÉMR, puis du ministère des Finances, sur la définition de sa mission et de sa stratégie. Aux logiques de contrôle financier, de rationalisation des coûts et d'impératifs de rentabilité ont succédé les politiques de privatisation,

introduites par le gouvernement Mulroney en 1985, qui ont finalement abouti à la privatisation de la SR six ans plus tard.

La privatisation de la SR tombait d'autant plus mal pour ÉACL qu'elle survenait à un moment où le marché des radio-isotopes était en forte croissance, alors que les revenus de la branche d'ingénierie et les budgets fédéraux de la R&D nucléaire connaissaient un creux historique. La vente de l'intégralité des parts de la SR, promue en connaissance de cause par la CDIC et le ministère des Finances, montre clairement que les intérêts financiers et stratégiques d'ÉACL étaient relégués au second plan, au profit de la maximisation d'une plus-value ponctuelle réalisée par le gouvernement fédéral. À l'instar des relations entre ÉACL et la CCSN, l'épisode de la privatisation de la SR laisse peu de place à une interprétation s'appuyant sur l'action d'un « establishment nucléaire » canadien aux intérêts homogènes. Elle illustre au contraire une relative perte d'autonomie d'ÉACL vis-à-vis du gouvernement fédéral, qui s'est amorcée à la fin des années 1970 et a atteint son paroxysme un peu plus d'une décennie plus tard.

La privatisation du volet commercial de la production canadienne de radio-isotopes, au lieu de réduire l'implication de l'État dans cette industrie l'a au contraire accentué, que ce soit au niveau économique, politique ou social. C'est le grand paradoxe de la privatisation de la SR, qui s'inscrit pourtant dans le cadre d'une politique devant mener l'État canadien à réduire au minimum ses interventions dans l'économie du pays et se départir de ses entreprises ne remplissant aucun objectif de politique publique. L'intervention étatique post-privatisation s'est manifestée d'abord dans le prêt sans intérêt de 100 M$ accordé à MDS Nordion en 1996 pour compléter le projet MMIR. Par ailleurs, les termes de ce contrat sont à l'époque largement négociés par les ministères de l'ÉMR et des Finances. Ensuite, du fait des ententes contractuelles nouées entre ÉACL et Nordion avant sa privatisation, l'État continuait de subventionner le coût de production du Mo-99 au bénéfice de l'entreprise privatisée et

des systèmes de santé des pays clients de Nordion, qui bénéficiaient de prix de vente plus faibles que ce qu'un marché réellement concurrentiel aurait exigé.

La relation inégale entre production publique et commercialisation privée des isotopes médicaux a perduré 25 ans, entre 1991 et 2016. Elle a entraîné ÉACL et le gouvernement dans la 'crise des isotopes', occasionnant de nouvelles dépenses importantes pour le contribuable, entre les dépassements du projet MAPLE et les réparations nécessitées par les défaillances du réacteur NRU. Durant la période de crise, l'État a fini par endosser le rôle social qu'il devait jouer dans cette activité industrielle, en mettant sur pied le programme de construction des cyclotrons et des accélérateurs producteurs de Tc-99m. Ironiquement, le gouvernement Harper considérait cette initiative comme une mesure de désengagement étatique, puisqu'elle mettait fin aux subventions publiques accordées indirectement à MDS Nordion durant un quart de siècle. Toutefois, le programme des accélérateurs et des cyclotrons marque au contraire un retour du politique dans la planification et la pérennisation de la production canadienne du Tc-99m. Enfin, il faut se rappeler que l'un des principaux arguments avancés en 1987 par le ministère des Finances à l'encontre d'un contrôle majoritaire d'ÉACL des parts d'une SR privatisée était que cela constituerait des « subventions déguisées » accordée par l'État à une entreprise privée. Ces subventions sont finalement bien tombées dans l'escarcelle d'une entreprise privée, à même les poches d'ÉACL.

L'étude du cas de la SR/Nordion et des transformations de l'industrie canadienne des isotopes médicaux qui en ont découlé ouvre la porte à une analyse similaire des entreprises technologiques qui ont été privatisées durant la même période par le gouvernement Mulroney, par exemple dans les secteurs de l'aéronautique ou des télécommunications. En effet, De Havilland a été cédée à Boeing en janvier 1986, Canadair à Bombardier en décembre 1986, alors que Teleglobe et Telesat ont été respectivement privatisées en 1987 et 1992. Compte tenu du fait que ces secteurs technologiques comportent des enjeux sociopolitiques économiques et commerciaux

spécifiques et sont structurés différemment, le premier objectif d'une telle analyse serait de déterminer si la cession de ces entreprises au secteur privé relevait d'une action étatique coordonnée fondée sur des croyances fortes ou si le gouvernement précédait plutôt au cas par cas, sans réel retour d'expérience entre les différents cas.

Le second objectif serait de déterminer les impacts immédiats et à plus long terme qu'ont eu les privatisations des entreprises technologiques ciblées par le gouvernement sur leurs secteurs d'activité industrielle au Canada. Le rôle qu'a éventuellement continué à jouer l'État dans ces secteurs, même après s'en être théoriquement retiré, pourrait également être interrogé. Finalement, s'il est communément admis que les privatisations ont apporté plus d'efficacité au fonctionnement des entreprises anciennement publiques, cette affirmation pourrait être mise à l'épreuve par l'évaluation des coûts économiques et sociaux qui ont dû être assumés par le contribuable canadien afin de continuer à supporter leurs activités commerciales dans le secteur privé.

BIBLIOGRAPHIE

Archives gouvernementales

Bibliothèque et archives Canada, Fonds du ministère des Finances (RG 19).

Division des programmes et des ressources, ERP 4815-013-001, volumes 6779 et 6780.

Dossiers de la section de privatisation, numéros de BAN: 2005-00300-X, 2005-00606-8, 2007-00307-4, 2007-00309-0, 2014-00485-4, 2014-00484-6

Dossiers du registre central, Division de la privatisation, numéro de BAN: 2002-01191-5.

Operational records of Privatization Division, numéro de BAN: 2005-00300-X-1.

Registre central des dossiers de la Division de la Privatisation (Sociétés d'État et privatisation), numéro de BAN: 1998-00640-9.

Bibliothèque et archives Canada, Fonds du Conseil du trésor (RG 55).

Atomic Energy of Canada Limited (AECL) – Financial Management – Policy Development, numéro de BAN: 2000-01176-4.

Bibliothèque et archives Canada, Fonds du Bureau du Vérificateur général (RG 58).

Records of Special Audits, numéro de BAN: 2014-00297-5

Bibliothèque et archives Canada, Fonds de la CCEA/CCSN (RG 60 et R 9845).

Minutes of the Board and board member documents, RG 60, numéro de BAN: 1998-01823-7, 1999-01372-7, 2001-00226-2.

Commission meeting minutes and supporting member documents, R 9845, numéro du BAN: 2002-00793-4, 2004-01116-5, 2004-01115-7, 2005-00643-2.

CNSC President's chrono files, R 9845, numéro du BAN 2014-01472-8.

Bibliothèque et archives Canada, Fonds Marc Lalonde (R 12590).

Atomic Energy of Canada Limited (AECL) - Board meetings, volume 121.

Atomic Energy of Canada Limited (AECL), volume 137.

Bibliothèque et archives Canada, Fonds Alastair Gillespie (R 1526).

Atomic Energy of Canada Limited, volume 179, volume 327.

Atomic Energy of Canada Ltd. - Management and Mismanagement, volume 317.

Atomic Energy of Canada Limited - Organization and Financial Control Study, volume 317.

Atomic Energy of Canada Limited - Study of Organization and Financial Management, volume 359.

Demandes d'accès à l'information (numéros de dossiers)

ÉACL: A-2016-00027.

CCSN: A-2015-00139, A-2015-00151.

MRN: DC7040-08-076, DC7040-08-095, ATIP-7040-14-671, ATIP-7040-13-664.

Ministère des Finances: A-2015-00584.

Bureau du Conseil Privé: A-2016-00044.

Bibliothèque et Archives Canada: A-2015-00517, A-2016-0021.

Monographies et articles revus par les pairs

Énergie nucléaire et radio-isotopes

Abraham, Itty, « Who's Next? Nuclear Ambivalence and the Contradictions of Non-Proliferation Policy », *Economic and Political Weekly*, vol. 45, no. 43, 2010, pp. 48-56.

_____, « The Ambivalence of Nuclear Histories », *Osiris*, vol. 21, no. 1, 2006, pp. 49-65.

_____, *The Making of the Indian Bomb: Science, Secrecy and the Postcolonial State*, London, New York, Zed Books, St. Martin's Press, 1998.

Almond, Peter, *Cobalt Blues: The Story of Leonard Grimmett, the Man behind the First Cobalt-60 Unit in the United States*, New York, Springer, 2013.

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

Barca-Salom, Francisco, « Dreams and Needs: The Applications of Isotopes to Industry in Spain in the 1960s », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 317-336.

Bothwell, Robert, *Nucléus. L'histoire de l'Énergie Atomique du Canada Limitée*, Montréal, Édition de l'Arc, 1988.

_____, *Eldorado: Canada's National Uranium Company*, Toronto, Toronto University Press, 1984.

Boudia, Soraya, « Radioisotopes 'Economy of Promises': On the Limits of Biomedicine in Public Legitimization of Nuclear Activities », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 241-259.

Bratt, Duane, « Canada's Nuclear Schizophrenia », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 58, no. 2, 2002, pp. 44-50.

Buchanan, Nicholas, « The Atomic Meal: The Cold War and Irradiated Foods, 1945-1963 », *History and Technology*, vol. 21, no. 2, 2005, pp. 221-249.

Bunn, George, « The Nuclear Nonproliferation Treaty: History and Current Problems », *Arms Control Today*, vol. 3, no. 10, 2003, pp. 4-10.

Califano, Salvatore, *Pathways to Modern Chemical Physics*, London, Springer, 2012.

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

Creager, Angela, *Life Atomic. A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2013.

_____, « Phosphorus-32 in the Phage Group: Radioisotopes as Historical Tracers of Molecular Biology », *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 40, no. 1, 2009, pp. 29-42.

_____, « Radioisotopes as Political Instruments », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 219-239.

_____, « Nuclear Energy in the Service of Biomedicine: The U.S. Atomic Energy Commission's Radioisotope Program, 1946-1950 », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 649-684.

_____, « The Industrialization of Radioisotopes by the U.S. Atomic Energy Commission », dans Karl Grandin, Nina Wormbs et Sven Widmalm (dirs.), *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications,* Science History Publications, 2004, pp. 141-167.

_____, « Tracing the Politics of Changing Postwar Research Practices: The Export of 'American' Radioisotopes to European Biologists », *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences,* vol. 33, no. 3, 2002, pp. 367-388.

Creager, Angela et Maria J. Santesmases, « Radiobiology in the Atomic Age: Changing Research Practices and Policies in Comparative Perspectives », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 637-647.

Curry, Helen A., « Atoms in Agriculture: A Study of Scientific Innovation Between Technological Systems », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 46, no. 2, 2016, pp. 119–53.

DiMoia, John, « Atoms for Sale?: Cold War Institution-Building and the South Korean Atomic Energy Project, 1945–1965 », *Technology and Culture*, vol. 51, no. 3, 2010, pp. 589-618.

Doern, Bruce, Arslan Dorman et Robert Morrison (dirs.), *Canadian Nuclear Energy Policy: Changing Ideas, Institutions, and Interests*, Toronto, University of Toronto Press, 2001.

Doern, Bruce et John Atherton, « The Tories and the Crowns: Restraining and Privatizing in a Political Minefield », dans Michael Prince (dir.), *How Ottawa Spends 1987– 1988: Restraining the State*, Toronto, Methuen, 1987, pp. 129-175.

Durant, Darrin, « Resistance to Nuclear Waste Disposal: Credentialed Experts, Public Opposition and their Shared Lines of Critique », *Scientia Canadensis*, vol. 30, no. 1, 2007, pp. 1-30

Eckelman, William C., « Unparalleled Contribution of Technetium-99m to Medicine Over Five Decades », *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 2, no. 3, 2009, pp. 364-368.

Egbers, Adrian Kelly, *Going Nuclear: The Origins of New Brunswick's Nuclear Industry, 1950-1983*, mémoire de maîtrise, Halifax, Dalhousie University, 2008.

Eggleston, Wilfrid, *Canada's Nuclear Story*, London, Harrap, 1965.

Fawcett, Ruth, *Nuclear Pursuits. The Scientific Biography of Wilfrid Bennett Lewis*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 1994.

Forge, John, « A Note on the Definition of 'Dual Use' », *Science and Engineering Ethics*, vol. 16, no. 1, 2010, pp. 111-118.

Gaudillière, Jean-Paul, « Normal Pathways: Controlling Isotopes and Building Biomedical Research in Postwar France », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 737-764.

Gauthier, Élisabeth, « Social Representations of Risk in the Food Irradiation Debate in Canada, 1986-2002 », *Science Communication*, vol. 32, no. 3, 2010, pp. 295-329.

Goldschmidt, Bertrand, *Le complexe atomique*, Paris, Fayard, 1980.

Gowing, Margaret, *Independence and Deterrence: Britain and Atomic Energy 1945-52. Volume 2: Policy Execution*, London, Palgrave McMillan, 1974.

Grubler, Arnulf, « The Costs of the French Nuclear Scale-Up: A Case of Negative Learning by Doing », *Energy Policy*, vol. 38, no. 9, 2020, pp. 5174-5188

Hansell, Christina, « Practical Steps Toward a World without Civilian HEU », *The Nonproliferation Review*, vol. 15, no. 2, 2008, pp. 289-310.

_____, « Nuclear Medicine's Double Hazard. Imperiled Treatment and the Risk of Terrorism », *The Nonproliferation Review*, vol. 15, no. 2, 2008, pp. 185-208.

Hayter, Charles, *An Element of Hope: Radium and the Response to Cancer in Canada, 1900-1940*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2005.

Hecht, Gabrielle, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1998.

_____, « Rebels and Pioneers: technocratic Ideologies and Social Identities in the French Nuclear Workplace, 1955-69 », *Social Studies of Science*, vol. 26, 1996, pp. 483-530.

_____, « Political Designs: Nuclear Reactors and National Policy in Postwar France », *Technology and Culture*, vol. 35, no. 4, 1994, pp. 657-685.

Heilbron, John L. et Richard W. Seidel, *Lawrence and His Laboratory: A History of the Lawrence Berkeley Laboratory*, Berkeley, University of California Press, 1989.

Herran, Nestor, « Isotope Networks: Training, Sales and Publications, 1946-1965 », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 285-306.

_____, « Spreading Nucleonics: The Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951-67 », *British Journal for the History of Science*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 569-586.

Herran, Nestor et Xavier Roqué, « Tracers of Modern Technoscience », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 123-130.

Hewlett, Richard G. et John M. Holl, *Atoms for Peace and War: The Eisenhower Administration and the Atomic Energy Commission. A History of the United States Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press, 1990.

von Hippel, Frank et Laura Kahn, « Feasibility of Eliminating the Use of Highly Enriched Uranium in the Production of Medical Radioisotopes », *Science and Global Security*, vol. 14, no. 2-3, 2006, pp. 151-162.

von Hippel, Frank, « A Comprehensive Approach to Elimination of Highly-Enriched-Uranium form all Nuclear-Reactor Fuel Cycles », *Science and Global Security*, vol. 12, no. 3, 2004, pp. 137-164.

Hoedl, Seth et Derek Updegraff, « The Production of Medical Isotopes without Nuclear Reactors or Uranium Enrichment », *Science & Global Security*, vol. 23, no. 2, 2015, pp. 121-153.

Hurst, Donald G. (dir.), *Canada Enters the Nuclear Age: A Technical History of Atomic Energy of Canada Limited as Seen from its Research Laboratories*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 1997.

Jasper, James, *Nuclear Politics. Energy and the State in the United States, Sweden, and France*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

Jasanoff, Sheila et Sang-Huyn Kim, « Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea », *Minerva*, vol. 47, no. 2, 2009, pp. 119-146.

Johnson, Genevieve F., *Deliberative Democracy for the Future: The Case of Nuclear Waste Management*, Toronto, University of Toronto Press, 2008.

de Jonge, Frederick A.A. et Ernest K.J. Pauwels, « Technetium, the Missing Element », *European Journal of Nuclear Medicine*, vol. 23, no. 2, 1996, pp. 336-344.

Khelfaoui, Mahdi, « Le nucléaire dans la stratégie énergétique du Québec, 1963-2012 », *Scientia Canadensis*, vol. 37, no. 1-2, 2014, pp. 105-132.

_____, *Histoire de la centrale nucléaire Gentilly-1*, mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 2013.

Kraft, Allison, « Between Medicine and Industry: Medical Physics and the Rise of the Radioisotope, 1945–65 », *Contemporary British History*, vol. 20, no. 1, 2006, pp. 1-35.

Krige, John, « Hybrid Knowledge: The Transnational Co-production of the Gas Centrifuge for Uranium Enrichment in the 1960s », *British Journal for the History of Science*, vol. 45, no. 3, 2012, pp. 337-357.

_____, « Techno-Utopian Dreams, Techno-Political Realities. The Education of Desire for the Peaceful Atom », dans Gordin, Michael D., Helen Tilley et Gyan Prakash (dirs.), *Utopia/Dystopia. Conditions of Historical Possibility*, Princeton, Princeton University Press, 2010, pp. 151-175.

_____, « The Peaceful Atom as Political Weapon: Euratom as an Instrument of U.S. Foreign Policy in the 1950s », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 38, no. 1, 2008, pp. 5-44.

_____, « Atoms for Peace: Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence », *Osiris*, vol. 21, no. 1, 2006, pp. 161-181.

Kuperman, Alan J. (dir.), *Nuclear Terrorism and Global Security: The Challenge of Phasing out Highly Enriched Uranium*, London, Routledge, 2014.

_____, « Bomb-grade Bazaar. How Industry, Lobbyists, and Congress Weakened Export Controls of Highly Enriched Uranium », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 62, no. 2, 2006, pp. 44-50.

Leeming, Mark, « The Creation of Radicalism: Anti-Nuclear Activism in Nova Scotia, c 1972-1979 », *The Canadian Historical Review*, vol. 95, no. 2, 2014, pp. 217-241.

Leslie, Stuart W., « Atomic Structures: The Architecture of Nuclear Nationalism in India and Pakistan », *History and Technology*, vol. 31, no. 3, 2015, pp. 220-242.

Lenoir, Thimoty et Margaret Hays, « The Manhattan Project for Biomedicine », in Philip R. Sloan (dirs.), *Controlling Our Destinies: Historical, Philosophical, Ethical, and Theological Perspectives on the Human Genome Project*, South Bend, University of Notre Dame Press, 2000, pp. 19-46.

Leopold, Ellen, *Under the Radar. Cancer and the Cold War*, New-Jersey, Rutgers University Press, 2009.

Litt, Paul, *Isotopes and Innovation. MDS Nordion's First Fifty Years*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2000.

Loukianova, Anya et Christina Hansell, « Leveraging U.S. Policy for a Global Commitment to HEU Elimination », *The Nonproliferation Review*, vol. 15, no. 2, 2008, pp. 159-183.

Lovering, Jessica, Arthur Yip et Ted Nordhaus, « Historical Construction Costs of Global Nuclear Power Reactors », *Energy Policy*, vol. 91, 2016, pp. 371-382.

Maris, Marcel, André Jaumotte et Pierre Govaerts, *Histoire du nucléaire en Belgique, 1990-2005*, Bruxelles et New York, Peter Lang, 2007.

Mateos, Gisela, « 'We Are Not a Rich Country to Waste our Resources on Expensive Toys': Mexico's Version of *Atoms for Peace* », *History and Technology*, vol. 31, no. 3, pp. 243-258.

Mehta, Michael D., *Risky Business: Nuclear Power and Public Protest in Canada*, Lanham, Lexington Books, 2005.

Norquay, Geoff, « A Rock and a Hard Place: The Isotope Conundrum », *Policy Options*, septembre 2009, pp. 41-46.

NRC Committee on Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium, *Medical Isotope Production without Highly Enriched Uranium*, Washington, The National Academy Press, 2009.

Osgood, Kenneth, *Total Cold War: Eisenhower's Secret Propaganda Battle at Home and Abroad*, Lawrence, University Press of Kansas, 2006.

Pantalony, David, « Biography of an Artifact: The Theratron Junior and Canada's Atomic Age », *Scientia Canadensis*, vol. 34, no. 1, 2011, pp. 51-63.

Pitkanen, Laura Lynn, *A Hot Commodity: Uranium and Containment in the Nuclear State*, thèse de doctorat, Toronto, Université de Toronto, 2014.

Rentetzi, Maria, « "Reactor is Critical". Introducing Nuclear Research in Post War Greece », *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, vol. 60, no. 164, 2010, pp. 137-154.

Rheinberger, Hans-Jorg, « Putting Isotopes to Work: Liquid Scintillation Counters, 1950-1970 », in Bernward Joerges et Terry Shinn, *Instrumentation: Between Science, State and Industry*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishing, 2001, pp. 143-174.

Richards, Powell, *Technetium-99m: The Early Days*, Brookhaven National Laboratory, BNL-43197, 1989.

Rochlin, Gene, *Plutonium, Power and Politics. International Arrangements for the disposition of Spent Nuclear Fuel*, Berkeley, University of California Press, 1979.

Roqué, Xavier, « Marie Curie and the Radium Industry: A Preliminary Sketch », *History and Technology*, vol. 13, no. 4, 1997, pp. 267-291.

Santesmases, Maria J., « Peace Propaganda and Biomedical Experimentation: Influential Uses of Radioisotopes in Endocrinology and Molecular Genetics in Spain (1947-1971) », *Journal of the History of Biology*, vol. 39, no. 4, 2006, pp. 765-794.

Savard, Stéphane, « L'énergie nucléaire au Québec : débats politiques et conflits de représentations, 1963-1996 », *Revue d'histoire de l'Amérique française*, vol. 69, no. 3, 2016, p. 5-33.

Scheinman, Lawrence, *Atomic Energy Policy in France under the Fourth Republic*, Princeton, Princeton University Press, 1965.

Schrafstetter, Susanna et Stephen Twigge, « Spinning into Europe: Britain, West Germany and the Development of the Gas Centrifuge 1964-1970 », *Contemporary European History*, vol. 11, no. 2, 2002, pp. 253-272.

Sovacool, Benjamin, *Contesting the Future of Nuclear Power: A Critical Global Assessment of Atomic Energy*, Hackensack, World Scientific, 2011.

Strasser, Bruno, *La fabrique d'une nouvelle science. La biologie moléculaire à l'âge atomique (1945-1964)*, Florence, Leo S. Olschki Editore, 2006.

Tapscott, Eleanore, « Nuclear Medicine Pioneer, Hal O. Anger, 1920–2005 », *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 33, no. 4, 2005, pp. 250-253.

Topçu, Sezin, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris, Seuil, 2013.

Turchetti, Simone, « A Contentious Business: Industrial Patents and the Production of Isotopes, 1930-1960 », *Dynamis*, vol. 29, 2009, pp. 191-217.

_____, « 'For Slow Neutrons, Slow Pay'. Enrico Fermi's Patent and the U.S. Atomic Energy Program, 1938-1953 », *Isis*, vol. 97, no. 1, pp. 1-27.

Wagner, Henry N., « A Brief History of Positron Emission Tomography », *Seminars in Nuclear Medicine*, vol. 28, no. 3, 1998, pp. 213-220.

Weart, Spencer, *The Rise of Nuclear Fear*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2012.

Wellock, Thomas, « A Figure of Merit. Quantifiying the Probability of a Nuclear Reactor Accident », *Technology and Culture*, vol. 58, no. 3, 2017, pp. 678-721.

Zachmann, Karin, « Atoms for Peace and Radiation for Safety – How to Build Trust in Irradiated Foods in Cold War Europe and Beyond », *History and Technology*, vol. 27, no. 1, 2011, pp. 65-90.

Zakzouk, Mohamed, « La pénurie d'isotopes médicaux en 2009 et 2010: cause, effets et considérations futures », Publication no. 2009-04-F, Bibliothèque du Parlement, 2010.

_____, *The Medical Isotope Shortage: Cause, Effets and Options*, PRB 09-04E, Bibliothèque du Parlement du Canada, 2009.

Innovation, grands projets technologiques et entreprises publiques

Arthur, Brian, « Competing Technologies, Icreasing Returns, and Lock-In by Historical Events », *The Economic Journal*, vol. 99, no. 394, 1989, pp. 116-131

Babe, Robert, *Telecommunications in Canada: Technology, Industry, and Government*, Toronto, University of Toronto Press, 1990.

Bellamy, Matthew, *Profiting the Crown: Canada's Polymer Corporation 1942-1990* Montréal, McGill-Queen's University Press, 2005.

Bernier, Luc et Taieb Hafsi, « De l'usage des données sur les privatisations : entre les statistiques et l'idéologie », dans F. Lacasse et P.-É. Verrier (dirs.), *Trente ans de réforme de l'État. Expériences françaises et étrangères : stratégies et bilans*, Paris, Dunod, 2005, pp. 213-233.

Bernier, Luc et Luc Farinas, « Les Entreprises Publiques du Gouvernement du Canada », dans Robert Bernier (dir.), *L'espace canadien. Mythes et réalités*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2010, pp. 403-425.

Bernier, Luc, Patrice Dutil et Taieb Hafsi, « Policy Adrift: Canadian Crown Corporation in the 21st Century », *Annals of Public and Cooperative Economics*, à paraître, 2018, 16 pages.

Boardman, Anthony, Claude Laurin, Mark Moore et Aidan Vining, « A Cost-Benefit Analysis of the Privatization of Canadian National Railway », *Canadian Public Policy*, vol. 35, no. 1, 2010, pp. 59-83.

Boardman, Anthony, Claude Laurin et Aidan Vining, « Privatization in Canada: Operating and Stock Price Performance with International Comparisons », *Canadian Journal of Administrative Sciences*, vol. 13, no. 2, 2002, pp. 137-154.

Borins, Sandford, « World War Two Crown Corporations: Their Wartime Role and Peacetime Privatization », *Canadian Public Administration*, vol. 25, no. 3, 1982, pp. 380-404.

Bouchard, Gilles, « La politique du gouvernement Mulroney à l'égard des sociétés d'État : un bilan après quatre ans », *Politiques et management public*, vol. 7, no. 1, 1989, pp 147-161.

Bozec, Richard et Gilles Breton, « The impact of the Corporatization Process on the Financial Performance of Canadian State-Owned Enterprises », *International Journal of Public Sector Management*, vol. 16, no. 1, 2003, pp. 27-47.

Bozec, Richard et Mohamed Dia, « L'impact de la commercialisation et de la privatisation sur l'efficacité technique des sociétés d'État au Canada », *Revue canadienne des sciences de l'administration*, vol. 20, no. 4, 2003, pp. 291-310.

_____, « Board Structure and Firm Technical Efficiency: Evidence from Canadian State-Owned Enterprises », *European Journal of Operational Research*, vol. 177, no. 3, 2007, pp. 1734-1750.

Bratt, Duane, *Canada, The Provinces and the Global Nuclear Revival*, Montréal, McGill-Queen's University Press, 2012.

_____, *The Politics of CANDU Exports*, Montréal, McGill-Queens University Press, 2005.

Bromberg, Joan Lisa, « TFTR: The Anatomy of a Programme Decision », *Social Studies of Science*, vol. 12, no. 4, 1982, pp. 559-583.

Brunet, Philippe, « Temporalités dans la recherche biomédicale : la science au travail saisie par le temps », *La nouvelle revue du travail*, no. 1, 2012, pp. 1-19.

Brunet, Philippe et Michel Dubois, « Cellules souches et technoscience : sociologie de l'émergence et de la régulation d'un domaine de recherche biomédicale en France », *Revue française de sociologie*, vol. 53, no. 3, pp. 391-428.

Callon, Michel, « L'État face à l'innovation technique: le cas du véhicule électrique », *Revue française de science politique*, vol. 29, no. 3, 1979, pp. 426-447.

Caron, Carl, « De Manic-Outardes à la Baie James. La gestion des choix techniques à Hydro-Québec », dans Philippe Faucher (dir.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1999, pp. 95-124.

Charland, Maurice, « Technological Nationalism », *Canadian Journal of Political and Social Theory*, vol. 10, no. 1-2, 1986, pp. 196-219.

David, Paul, « Clio and the Economics of QWERTY », *The American Economic Review*, vol. 75, no. 2, pp. 332-337.

Deblock, Christian et Denis Perreault, « La politique économique canadienne 1968-1984 », *Conjonctures et politique*, no. 6, 1985, pp. 175-193.

Doern, Bruce, *Government Intervention in the Canadian Nuclear Industry*, Montréal, The Institute for Research on Public Policy, 1980.

_____, *La Commission de contrôle de l'énergie atomique*, Ottawa, Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1976.

Dosi, Giovanni, « Technological Paradigms and Technological Trajectories », *Research Policy*, vol. 11, no. 3, 1982, pp. 147-162.

Dubar, Claude, « Régimes de temporalité et mutation des temps sociaux », *Temporalités*, no.1, 2004, pp. 118-129.

Escobar, Lina et François Levêque, « Revisiting the Cost Escalation Curse of Nuclear Power: New Lessons from the French Experience », 2012, 26 pages. https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00780566/document

Faucher, Philippe, « Comprendre l'innovation: une approche institutionnelle », dans Philippe Faucher (dir.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1999, pp. 25-55

Ferrière, Mathieu, « Les principales critiques de la théorie du choix rationnel », *Idées économiques et sociales*, vol. 3, no. 165, 2011, pp. 37-45.

Finon, Dominique, *L'échec des surgénérateurs. Autopsie d'un grand programme*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, 1989.

Fitzgibbons, Kevin, « Le CANDU et l'industrie nucléaire canadienne », dans Philippe Faucher (dir.), *Grands projets et innovations technologiques au Canada*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 1999, p. 125-164.

Fleming, Lee, « Recombinant Uncertainty in Technological Search », *Management Science*, vol. 47, no. 1, 2001, pp. 117-132.

Florio, Massimo, *The Great Divestiture. Evaluating the Welfare Impact of the British Privatizations 1979-1997*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2004.

Fossum, John Erik, *Oil, the State, and Federalism. The Rise and Demise of Petro-Canada as a Statist Impulse*, Toronto, University of Toronto Press, 1997).

Gainor, Chris, *Who Killed the Avro Arrow*, Edmonton, Folklore Publishing, 2007.

Gingras, Yves et Mahdi Khelfaoui, « La centrale nucléaire Gentilly-1: la trajectoire incertaine d'une innovation technologique avortée », *Revue d'histoire de l'Amérique française*, vol. 67, no. 1, 2013, pp. 57-83.

Gingras, Yves et Michel Trépanier, « Constructing a Tokamak: Political, Economic and Technical Factors as Constraints and Resources », *Social Studies of Science*, vol. 23, no. 1, 1993, pp. 3-36.

_____, « Le Tokamak de Varennes et le programme canadien de fusion nucléaire: anatomie d'une décision », *Recherches Sociographiques*, vol. 30, no. 3, 1989, pp. 421-446.

Hafsi, Taieb, « L'État en affaires, au-delà de l'idéologie », *Politiques et Management Public*, vol. 1, no. 2, 1983, pp. 67-91.

Hecht, Gabrielle, « Technology, Politics and National Identity in France », dans Michael Thad Allen et Gabrielle Hecht (dirs.), *Technologies of Power. Essays in Honor of Thomas parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001, pp. 253-293.

Hughes, Thomas, « The Evolution of Large Technological Systems », dans Bijker, Wiebe, Hughes, Thomas et Trevor J. Pinch (dirs.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1987, pp. 51-82.

_____, « Technological Momentum », dans Smith, Merrit Roe et Leo Marx (dirs.), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism* Cambridge (Mass.), MIT Press, 1994, pp. 101-114.

Jörgensen, Jan et Taïeb Hafsi, « Privatization in Canada », dans V.V. Ramanadham (dir.), *Privatisation: A Global Perspective*, London, Routledge, 1993, pp. 146-167.

Josephson, Paul, « 'Projects of the Century' in Soviet History: Large-Scale Technologies from Lenin to Gorbachev », *Technology and Culture*, vol. 36, no. 3, 1995; pp. 519-559.

Keck, Otto, « Government Policy and Technical Choice in the West German Reactor Programme », *Research Policy*, vol. 9, no. 4, 1980, pp. 302-356.

Lascoumes, Pierre, « La Gouvernementalité: de la critique de l'État aux technologies du pouvoir », *Le Portique*, vol. 13-14, 2004, pp. 1-15.

Lascoumes, Pierre et Patrick Le Galès, *Sociologie de l'action publique*, Paris, Armand Colin, 2007.

Laux, Jeanne Kirk, « How Private is Privatization », *Canadian Public Policy*, vol. 19, no. 4, 1993, pp. 398-411.

Laux, Jeanne Kirk et Maureen A. Mollot, *State Capitalism: Public Enterprise in Canada*, Ithaca, Cornell University Press, 1988.

Lehtonen, Markku et Jenny Lieu, « The Rise and Fall of the Fast Breeder Reactor Technology in the UK: Between Engineering "Dreams" and Economic "Realities"? », rapport de recherche du SPRU, Université du Sussex, octobre 2011.

MacKenzie, Donald et Judy Wajcman (dirs), *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes, Open University Press, 1985.

McCurdy, Howard, *The Space Station Decision: Incremental Politics and Technological Choice*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2007.

Meny, Yves et Jean-Claude Thoenig, *Les politiques publiques*, Paris, Presses universitaires de France, 1989.

Mollot, Maureen A. et Jean Kirk Laux, « The Politics of Nationalization », *Canadian Journal of Political Science*, vol. 12, no. 2, 1979, pp. 227-258.

Muller, Pierre, *Les politiques publiques*, Paris, Presses universitaires de France, 2014.

_____, *Airbus, l'ambition européenne: logique d'État, logique de marché*, Paris, L'harmattan, 1989.

Nathwani, Jatin et Donald Wallace (dirs.), *Canada's Isotope Crisis. What Next?*, Montréal, Kingston, McGill-Queen's University Press, 2010.

Nelson, Richard et Sidney Winter, « In Search of Useful Theory of Innovation », *Research Policy*, vol. 6, no. 1, 1977, p. 51.

Niosi, Jorge et Philippe Faucher, « Les marchés publics comme instruments de développement industriel: le cas d'Hydro-Québec », *Recherches sociographiques*, vol. 28, 1987, pp. 9-28.

Perl, Anthony, « Public Enterprise as an Expression of Sovereignty: Reconsidering the Origin of Canadian National Railways », *Canadian Journal of Political Science*, vol. 27, no. 1, 1994, pp. 23-52.

Perl, Anthony et Donald White, « The Changing Role of Consultants in Canadian Policy Analysis », *Policy and Society*, vol. 21, no. 1, 2002, pp. 49-73.

Pestre, Dominique, « The Decision-Making Processes for the Main Particle Accelerators Built Throughout the World from the 1930s to the 1970s », *History and Technology*, vol. 9, no. 1, 1992, pp. 163-174.

_____, « Comment se prennent les décisions de très gros équipements dans les laboratoires de 'science lourde' contemporains. Un récit suivi de commentaires », *Revue de synthèse*, no. 1, janvier-mars 1988, pp. 97-130.

Pinch, Trevor, et 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, 1984, pp. 399-441.

Pritchard, Robert (dir.), *Crown Corporations in Canada: The Calculus of Instrument Choice*, Toronto, Butterworth and co., 1983.

Rosenberg, Nathan, « Uncertainty and Technological Change », dans Ralph Landau, Thimoty Taylor et Gavin Wright (dirs.), *The Economic Impact of Knowledge*, Stanford University Press, 1996, pp. 91-125.

Sfez, Lucien, *Critique de la décision*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1976.

Slater, Ian, « To Market, to Market: Canadian Nuclear Industry and the Case of the Nuclear Battery », *Journal of Canadian Studies*, vol. 46, no. 1, 2012, pp. 75-111.

_____, « The Taegeukgi and the Maple Leaf: The pursuit of South Korean Export Markets by Atomic Energy Canada Limited », *Scientia Canadensis*, vol. 32, no. 2, 2009, pp. 47-79.

_____, *The Bungling Giant: Atomic Energy Canada Limited and Next-Generation Nuclear Technology, 1980-1994*, Thèse de doctorat, Université de Toronto, 2003.

Smith, Janet, « Canada's Privatization Program », in Jeremy Richardson (dir.), *Privatization and Deregulation in Canada and Britain*, Halifax, Institute for Research on Public Policy, 1990, pp. 37-44.

Stanbury, William T., « Privatization in Canada: Ideology, Symbolism or Substance? », in Paul MacAvoy, W.T. Stanbury, George Yarrow et Richard Zeckhauser (dirs.), *Privatization and State-Owned Enterprises*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp. 273-329.

Sulfikar, Amir, « Nationalist Rhetoric and Technological Development: The Indonesian Aircraft Industry in the New Order Regime », *Technology in Society*, vol. 29, no. 3, 2007, pp. 283-293.

Trépanier, Michel, *L'aventure de la fusion nucléaire. La politique de la « Big Science » au Canada*, Montréal, Boréal, 1995.

Trim, Henry, « Brief Periods of Sunshine: A History of the Canadian Government's Attempt to Build a Solar Heating Industry, 1974-1983 », *Scientia Canadensis*, vol. 34, no. 2, 2011, pp. 29-49.

Tupper, Allan et Bruce Doern (dirs.), *Privatization, Public Policy and Public Corporations in Canada*, Halifax, The Institute for Research on Public Policy, 1988.

Vaughn, Diane, *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture and Deviance at NASA* (Chicago: University of Chicago Press, 1997), 592 p.

Velho, Léa et Osvaldo Pessoa, « The Decision-Making Process in the Construction of the Synchrotron Light National Laboratory in Brazil », *Social Studies of Science*, vol. 28, no. 2, 1998, pp. 195-219.

Winskel, Mark, « Autonomy's End: Nuclear power and the Privatization of the British Electricity Supply Industry », *Social Studies of Science*, vol. 32, no. 3, 2002, pp. 439-467.

_____, « When Systems are Overthrown: The 'Dash for Gas' in the British Electricity Supply Industry », *Social Studies of Science*, vol. 32, no. 4, 2002, pp. 563-598.

Articles de la presse spécialisée

« Isotope shortage worsens, industry looks for solutions », *Device and Diagnostic Letter*, 15 septembre 2008, vol. 35, no. 6.

« Epp replaces top management of AECL with Paikin and Howe », *Nucleonics Week*, vol. 33, no. 23, 4 juin 1992, p. 15.

« Briefly...Canada », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 25, 23 juin 1988, p. 14.

Dave Airozo, « Nonproliferation low-enriched fuel program faces another budget crisis », *Nuclear Fuel*, vol. 14, no. 19, 18 septembre 1989, p. 4.

Carolyn Brown, « Will new isotope sources be ready in time? », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 188, no. 4, mars 2016, p. 252.

_____, « Medical isotope supply raises concern », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 188, no. 3, février 2016, p. 181.

Roger Collier, « A black sheep in the nuclear family », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 6, 2008, p. 68.

Roger Collier, « Canadian hospitals rise to the occasion during isotope shortage », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 7, 2008, p. 815.

Sarah Diehl et Paula Humphrey, « The April 2010 Nuclear Security Summit: One More Step Toward the Mountaintop », *Nuclear Threat Initiative*, 20 avril 2010.

Laura Eggerston, « Doctors urged to use diagnostic alternatives to reactor-produced isotopes », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 180, no. 11, 2009, pp. 1102-1103.

Paula Gould, « Medical Isotope Shortage Reaches Crisis Level », *Nature*, vol. 460, no. 7253, 2009, pp. 312-313.

Karla Harby, « Enriched uranium embargo risked Mo-99/Tc-99m supply », *Journal of Nuclear Medicine,* vol. 29, no. 6, juin 1988, pp. 1003-1005.

Mark Hibbs, « Iraqi Revelations justify RERTR and remote monitoring, Blix says », *Nucleonics Week*, vol. 36, no. 39, 28 septembre 1995, p. 13.

Elaine Hiruo, « US isotope project in race to offer supply if NRU not relicensed », *Inside NRC*, vol. 31, no. 11, 25 mai 2009, p. 4.

Daniel Horner, « Questions about future of HEU had role in MAPLE's end, AECL says », *Inside NRC*, vol. 30, no. 11, 26 mai 2008, p. 4.

_____, « Nordion sees conversion progress, but critics don't », *Nuclear Fuel*, vol. 29, no. 19, 13 septembre 2004, p. 1.

_____, « Nordion headed for showdown with U.S.? », *Nuclear Fuel*, vol. 29, no. 6, 15 mars 2004, p. 1.

_____, « Maple start-up hitting new bump: positive power coefficient », *Inside N.R.C*, vol. 25, no. 19, 22 septembre 2003, p. 10.

_____, « NCI knocks Nordion for slow LEU effort, but others question basis for charges », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 22, 28 octobre 2002, p. 5.

_____, « AECL, MDS Nordion ask to restor HEU they forfeited because of startup delays », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 16, 5 août 2002, p. 10.

_____, « MDS Nordion apparently preparing to request more HEU for MAPLE, NPF », *Nuclear Fuel*, vol. 27, no. 14, 8 juillet 2002, p. 14.

_____, « Nordion says it's likely to request more HEU for Chalk River reactors », *Nuclear Fuel*, vol. 26, no. 13, 25 juin 2001, p. 6.

Michael Knapik, « Commission okays HEU export to Canada but requires annual reporting », *Inside NRC*, vol. 21, no. 14, 5 juillet 1999, p. 17.

_____, « Status of LEU target program at Argonne may again be an issue in NRC export case », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 5, 14 décembre 1998, p. 19.

_____, « State urges export of HEU to Canada, but Cooperation with Argonne not set », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 8, 20 avril 1998, p. 2.

_____, « NCI calls for NRC hearings on applications to ship HEU to Canada for Mo-99 targets », *Nuclear Fuel*, vol. 23, no. 4, 23 février 1998, p. 16.

Dan Lett, « Nordion retreats from defamation lawsuit », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 182, no. 13, septembre 2010, p. E657.

Edwin Lyman, « Making Domestically Produced Medical Isotopes a National Priority », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 18 décembre 2008.

Rennie MacKenzie, « CNSC monitoring NRU shutdown, discovery of a small heavy-water leak », *Inside NRC*, vol. 31, no. 11, 25 mai 2009.

_____, « NRU's restart ends worries of potential isotope shortage », *Inside NRC*, vol. 31, no. 1, 5 janvier 2009, p. 1.

_____, « AECL returns NRU to service, aims to produce isotopes within days », *Nucleonics Week*, vol. 48, no. 51, 20 décembre 2007.

_____, « Canada bypasses regulator, allows NRU isotope production to resume », *Nucleonics Week*, 13 décembre 2007, vol. 48, no. 50, p. 3.

_____, « AECL gets rapped by regulator for upgrade delays at Chalk River », *Inside NRC*, 10 décembre 2007, vol. 25, no. 9.

Alison Motluk, « A Political Meltdown », *The Walrus*, avril 2011.

Joe Rojas-Burke, « The future supply of molybenum-99 », *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 36, no. 11, novembre 1995.

_____, « Ban on enriched uranium exports intended against bomb builders also affects radiopharmaceutical makers », *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 34, no. 3, 1993.

Thomas J. Ruth, « The Medical Isotope Crisis: How We Got Here and Where We Are Going », *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 42, no. 4, 2014, pp. 245-248.

Ray Silver, « Nordion, AECL want speedy approval for MAPLE reactors, isotope plant », *Nucleonics Week*, vol. 37, no. 35, 29 août 1996, p. 4.

_____, « AECL, Nordion near agreement on reactor for medical isotopes », vol. 35, no. 50, *Nucleonics Week*, 15 décembre 1994, p. 14.

_____, « Negotiations set that could resurrect AECL's MAPLE-X project », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 41, 13 octobre 1994, p. 4

_____, « New government reviewing AECL role as new president grilled », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 11, 17 mars 1994, p. 10.

_____, « New research, test facilities are dropped from AECL plans », *Nucleonics Week*, vol. 35, no. 10, 10 mars 1994, p. 5.

_____, « Battle over isotope production costs threatens AECL's MAPLE-X10 », *Nucleonics Week,* vol. 34, no. 46, 18 novembre 1993, p. 8.

_____, « Cost-consciousness of New Research Head Postponed MAPLE-X », *Nucleonics Week*, vol. 30, no. 37, 14 septembre 1989, p. 9.

_____, « AECL working on four projects for MAPLE research reactors », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 50, 15 décembre 1988, p. 8.

_____, « AECL to push isotope reactor », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 21, 26 mai 1988, p. 5.

_____, « KAERI to build research reactor combining two Canadian designs », *Nucleonics Week*, vol. 29, no. 5, 4 février 1988, p. 5.

Mari Serebrov, « Canada to Scale Back Its Role in Global Isotope Production », *Device & Diagnostic Letter*, vol. 37, no. 14, 5 avril 2010.

Sharon Squassoni, « Looking Back: The 1978 Nuclear Nonproliferation Act », *Arms Control Association*, 4 décembre 2008.

Joan Stephenson, « Medical Isotope Shortage », *Journal of the American Medical Association*, vol. 302, no. 7, 2009, p. 732.

Articles de la presse généraliste

Communiqué de l'Agence internationale de l'énergie atomique, « Supplies of Key Medical Isotopes Stable, but Vulnerabilities Remain », 22 septembre 2017.

« Nordion, AECL settle MAPLE facilities claims », *Canada Stockwatch*, 20 août 2013.

« Canada's Nordion, AECL settle lawsuit », *Reuters News*, 20 août 2013.

« Nordion Restructures Russian Mo-99 Supply Relationship », *Business Wire*, 29 octobre 2012.

« Nordion announces decision in arbitration with AECL over cancelled MAPLE project », *Business Wire*, 10 septembre 2012.

« Lantheus Medical Imaging Inc takes proactive steps to mitigate impact of global molybdenum-99 supply crisis on operations », *Company Reports*, 20 mai 2009.

« Shutdown at reactor could affect isotope supply », *Canwest News Service*, 16 février 2009.

« 'Massive dysfunctionality' led to isotope crisis », *CBC News*, 29 juillet 2008.

« Chalk River shutdown hits patients around the world; Hundreds of thousands of tests delayed by lack of nuclear materials », *Ottawa Citizen*, 6 décembre 2007, p. A1.

« Le réacteur nucléaire de Chalk River est de nouveau en opération », *La Presse Canadienne*, 16 décembre 2007.

« AECL stops Maple's construction while it reviews reactor project », *The Globe and Mail*, 23 juillet 1987, p. B14.

« AECL unit will try to pay its way », *The Globe and Mail*, 24 janvier 1986, p. B13.

« Atomic Energy of Canada lays off third of workforce », *Financial Times*, 21 février 1985, p. 5.

« Huge costs build up on AECL stockpile », *Globe and Mail*, 20 août 1984, p. B1.

« AECL lays off 510 », *The Globe and Mail*, 10 novembre 1982, p. 5.

« Must the CANDU Go the Way of the Arrow? », *The Globe & Mail*, 30 octobre 1979, p. A6.

David Akin, « Canada to get out of isotope game », *Ottawa Citizen*, 11 juin 2009, p. A3.

_____, « Get mothballed MAPLE reactors going, Tories urged », *Ottawa Citizen*, 2 juin 2009, p. A3.

_____, « Canada turns to Australia, South Africa for isotopes », *National Post*, 22 mai 2009, p. A5.

_____, « Reactor resumes isotope production; Engineers plan to fix 'significant leak at Chalk River facility », *Ottawa Citizen*, 16 décembre 2008, p. A3.

Lee Berthiaume, « Nordion's isotope deal with Russia raises fears », *The Ottawa Citizen*, 27 mars 2012, p. A7.

Jim Brown, « Les conservateurs ont tenté de pousser la CCSN à contourner les règles », *La Presse Canadienne*, 18 décembre 2007.

Jeff Carruthers, « Major reorganization at AECL will involve setting up 4 quasi-autonomous subsidiaries », *The Globe and Mail*, 29 juillet 1978, p. B2.

Gloria Galloway, « Nuclear dispute causing isotope delays », *The Globe and Mail*, 11 décembre 2007, p. A1.

Jean-Pierre Labrie, « Don't count on MAPLE to produce isotopes », *The National Post*, 28 juillet 2009, p. A14.

Edwin Lyman, « Break the isotope monopoly », *The Ottawa Citizen*, 12 février 2009, p. A11.

Ian MacLeod, « U.S. anti-proliferation move could harm Nordion's medical isotopes business », *The Ottawa Citizen*, 9 août 2012.

_____, « U.S. urged to dump Canadian isotopes », *The Ottawa Citizen*, 8 janvier 2009, p. A1.

_____, « Forget Canada, U.S. should produce own isotopes: experts » *Canwest News Service*, 7 janvier 2009

_____, « Minister meddled in nuclear affairs: watchdog; Keen defends her handling of isotope crisis », *The Ottawa Citizen*, 9 janvier 2008, p. A1.

Ben Magnus, « Over Budget, Overdue and, Perhaps, Overdesigned », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 178, no. 13, 2008, pp. 813-814.

Kirk Makin, « Won't continue to provide millions for nuclear industry, Ottawa says », *The Globe and Mail*, 10 juin 1981, p. 9.

Shawn McCarthy, « AECL pulls plug on reactors after millions spent », *The Globe and Mail*, 17 mai 2008.

Martin Mittelstaedt et Gloria Galloway, « Ottawa thwarts nuclear watchdog », *The Globe and Mail*, 12 décembre 2007, p. A1.

Neville Nankivell, « AECL hit by more trouble at top », *The Financial Post*, 13 avril 1994, p. 4.

John Partridge et Shawn McCarthy, « AECL lawsuit 'just one more liability' to sale », *The Globe and Mail*, 10 juillet 2008, p. B3.

Steve Rennie, « Clinics paying more for isotopes after supplier hikes prices », *The Canadian Press*, 20 mai 2009.

Eric Shackleton, « MDS sues AECL and government for $1.6B over quashed MAPLE reactors », *The Canadian Press*, 9 juillet 2008.

John Ward, « Minister won't discount privatizing government nuclear agency », *The Canadian Press*, 5 juin 2008.

Rapports techniques et publications savantes

E. O. Lawrence, « Radioactive Sodium Produced by Deuton Bombardment », *Physical Review*, vol. 46, 1934, p. 746

V.W. Mayneord et A.J. Cipriani, « The Absorption of Gamma-Rays from Co^{60} », *Canadian Journal of Research*, vol. 25, no. 6, 1947, pp. 303-314.

F. Soddy, « Intra-Atomic Charge », *Nature*, vol. 92, no. 2301, 1913, pp. 399-400.

Agence Internationale de l'Énergie Atomique, « Manpower Development for Nuclear Power. A Guidebook », STI/DOC/10/200, 1980.

A. J. Bakel et al., « Progress in Minimizing Effects of LEU Conversion on Calcination of Fission Product ^{99}Mo Acid Waste Solution », *Proceedings of RERTR International Meeting, San Carlos de Bariloche, Argentine,* 3-8 novembre 2002.

A.J. Bakel et al., « ANL Progress in Minimizing Effects of LEU Conversion on Calcination of Fission-Product ^{99}Mo Acid Waste Solution », *25th International Meeting on RERTR, Chicago, États-Unis*, 5-10 octobre 2003.

E. Bozdag, « Therac-25 and the Security of the Computer Controlled Equipment », *Ethics of Science and Technology (WM0314IN)*, 2009.

K.A. Burrill et R.J. Harrison, « Development of the Mo-99 Process at CRNL », Rapport AECL-9621, novembre 1987.

K.D. Cotnam, « Safety Assessment of the MAPLE-X10 Reactor », in *Proceedings of the International Symposium on Research Reactor Safety, Operations and Modifications*, AECL-9926/ IAEA-SM-310, 23-27 octobre 1989.

S.R. Hatcher, « Developing New Products from Canadian Nuclear Technology », rapport AECL-9509, juin 1987.

W. Heeds, « The MAPE-X Concept Dedicated to the Production of Radio-isotopes », rapport AECL-8837, juin 1985.

A. Khlopkov, M. Pomper et V. Chekina, « Ending HEU Use in Medical Isotope Production: Options for US-Russian Cooperation », Rapport soumis au Nuclear Threat Initiative, 14 février 2014.

R.F. Lidstone, « The Evolution of Canadian Research Reactors: 1942 to 1992 », Rapport AECL-10760, janvier 1993.

_____, « MAPLE: Un concept de réacteur canadien à usage multiple pour le développement nucléaire national », rapport AECL-7826, juin 1984.

G. Malkoske, « The LEU Target Development and Conversion Program for the MAPLE Reactors and New Processing Facility », *25th International Meeting on RERTR, Chicago, États-Unis*, 5-10 octobre 2003.

_____, « A Conversion Development Program to LEU Targets for Medical Isotope Production », *International Meeting on RERTR, Las Vegas, États-Unis*, 1-6 octobre 2000.

D.F. Sears et N. Wang, « AECL Research Reactor Fuel Development at AECL », paper to be presented at the *International Meeting on reduced Enrichment for Research and Test Reactors (RERTR)*, Las Vegas, Nevada, 1-6 octobre 2000.

D.F. Sears, M.D. Atfield et I.C. Kennedy, « La conversion du NRU du combustible HEU au combustible LEU », rapport AECL-10095, novembre 1989.

D.F. Sears, L.C. Berthiaume et L.N. Herbert, « Fabrication and Irradiation Testing of LEU Fuels at CRNL – Status as of 1987 September », *Proceedings of the International Meeting on RERTR, Buenos Aires, Argentine*, 28 septembre-2 octobre 1987.

J.B. Slater, « Rationalization and Future Planning for AECL's research Reactor Capability », in *Proceedings of the International Symposium on Research Reactor Safety, Operations and Modifications*, AECL-9926/ IAEA-SM-310, 23-27 octobre 1989.

H.J. Smith et al., « Selecting a MAPLE Research Reactor for 1-10 MW Operation », rapport AECL-9060, juin 1986.

J.L. Snelgrove et al., « Development of Very-High-Density Low-Enriched-Uranium Fuels », *Nuclear Engineering and Design*, vol. 178, no. 1. 1997, pp. 119-126.

A. Travelli et al., « Development and Transfer of Fuel Fabrication and Utilization Technology for Research Reactors », *International Conference on Nuclear Technology Transfer*, Buenos Aires, Argentine, 1-5 novembre 1982.

A. Travelli, D. Stahl et T. Shibata, « The U.S. RERTR Program, its Fuel Development Activities, and Application in the KUHFR », *Transactions of the American Nuclear Society*, vol. 36, 1981.

G.F. Vandegrift et al., « RERTR Progress in Mo-99 production from LEU », *6th International Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management, Gand, Belgique*, 17-20 mars 2002.

Document CCSN, REGDOC-2.5.2, *Conception d'installations dotées de réacteurs: Centrales nucléaires*, mai 2014.

Rapport de l'AÉN, « L'approvisionnement en radioisotopes médicaux. Étude économique de la chaîne d'approvisionnement en molybdène-99 : Synthèse », 2010.

U.S. Department Office of Energy, Office of Nuclear Energy, Science and Technology, « Medical Isotopes Production Project: Molybdenum-99 and Related Isotopes. Environmental Impact Statement (Volume I) », DOE/EIS-0249, avril 1996.

Department of Energy's Isotope Production and Distribution Program, « Hearing before the Environment, Energy and Natural Resources Subcommittee of the Committee on Government Operations, House of Representatives, One Hundred Third Congress, First Session », 6 décembre 1993.