

CANADA
Vision 2020 et au-delà

Le besoin de la
recherche
et du
développement
nucléaire
au
XXI^e siècle



Révisé en janvier 2003

Vision 2020 et au-delà :

**Le besoin de la R et D
nucléaire au Canada,
au XXI^e siècle**

Révisé en janvier 2003

**Un rapport du
Conseil consultatif de R et D
au
Conseil d'administration
d'Énergie atomique du Canada limitée**

Depuis plus d'un demi-siècle, l'investissement du Canada en recherche et développement (R et D) dans les domaines des sciences et du génie nucléaires améliore considérablement la vie des Canadiens et des Canadiennes en produisant une électricité respectueuse de l'environnement et rentable ainsi qu'en jouant un rôle important en médecine, en agriculture, en fabrication et en exploitation des ressources. L'investissement continu en recherche et développement nucléaire revêt une importance capitale si le Canada veut préserver son niveau scientifique, technologique, commercial et international, tout en continuant à appuyer les objectifs nationaux à long terme.

RÉALISATIONS NUCLÉAIRES AU CANADA

L'excellence des sciences et de la technologie nucléaires canadiennes au cours du dernier demi-siècle, sous le leadership d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL), a été reconnue à l'échelle internationale pour de nombreuses raisons dont :

- la mise au point du réacteur de puissance CANDU^{MD};
- la production de radio-isotopes pour les diagnostics médicaux et la radiothérapie;
- la mise au point de produits qui améliorent la qualité de la vie humaine;
- la participation à la lutte contre la prolifération des armes nucléaires;
- l'attribution d'un prix Nobel en physique.

Malgré cette réputation internationale, la plupart des Canadiens et des Canadiennes ne savent pas très bien jusqu'à quel point les produits des sciences et du génie nucléaires appuient leur vie de tous les jours. Un grand nombre de ces avantages sont illustrés à la figure 1 (voir la page 3).

Des dizaines de milliers de Canadiens et de Canadiennes doivent leur emploi à

l'investissement en R et D dans le domaine des sciences et du génie nucléaires, et son produit principal, une électricité respectueuse de l'environnement et rentable, contribue à stimuler l'économie du Canada depuis plus de 30 ans. Les ventes à l'étranger de réacteurs CANDU concourent également de façon importante au succès de l'économie du Canada et à la protection globale de l'environnement.

Le rôle que joue la R et D nucléaire dans la production et l'utilisation de radio-isotopes est important dans de nombreux aspects de notre existence. Le Canada est le premier producteur et fournisseur au monde de cobalt 60 utilisé dans les irradiateurs de thérapie anticancéreuse, appareils mis au point au Canada il y a 50 ans. Le Canada est également le premier producteur et fournisseur de radio-isotopes à courte période pour la médecine nucléaire, et ceux-ci sont utilisés pour effectuer plus de 12 millions de tests de diagnostic et de traitements par an dans le monde entier. En biologie, les radio-isotopes ont rendu possible la révolution de notre connaissance de la vie au niveau moléculaire, ce qui a débouché sur de nouveaux traitements des plus efficaces pour les maladies.

Les irradiateurs au cobalt 60 produits au Canada sont également utilisés dans les applications aussi diverses que la stérilisation des appareils et produits médicaux, la lutte contre les insectes en agriculture et la destruction des contaminants microbiens potentiellement mortels dans les aliments. Les radio-isotopes ont de nombreuses autres applications, y compris la diagraphie dans l'industrie pétrolière, l'analyse d'échantillons de minerais dans l'industrie minière, la radiographie, le contrôle de procédés et l'assurance qualité en fabrication, la détection et la mesure des polluants industriels et les détecteurs de fumée à la maison.

En 1994, Bertram Brockhouse a reçu un prix Nobel pour ses travaux entamés dans les années 50 en utilisant les réacteurs NRX (maintenant arrêtés) et les réacteurs de recherche NRU aux Laboratoires de Chalk River (LCR) d'EACL. Ces travaux ont débouché sur les techniques de diffusion des neutrons qui sont très utilisées dans de nombreuses industries et notamment aérospatiale, automobile, pétrole et gaz, biologie, pharmacie et fabrication, pour évaluer le comportement et les propriétés des matériaux. Cette technologie constitue maintenant un critère essentiel pour la mise au point de matériaux avancés et est un exemple du rendement à long terme qui provient de l'investissement en recherche fondamentale.

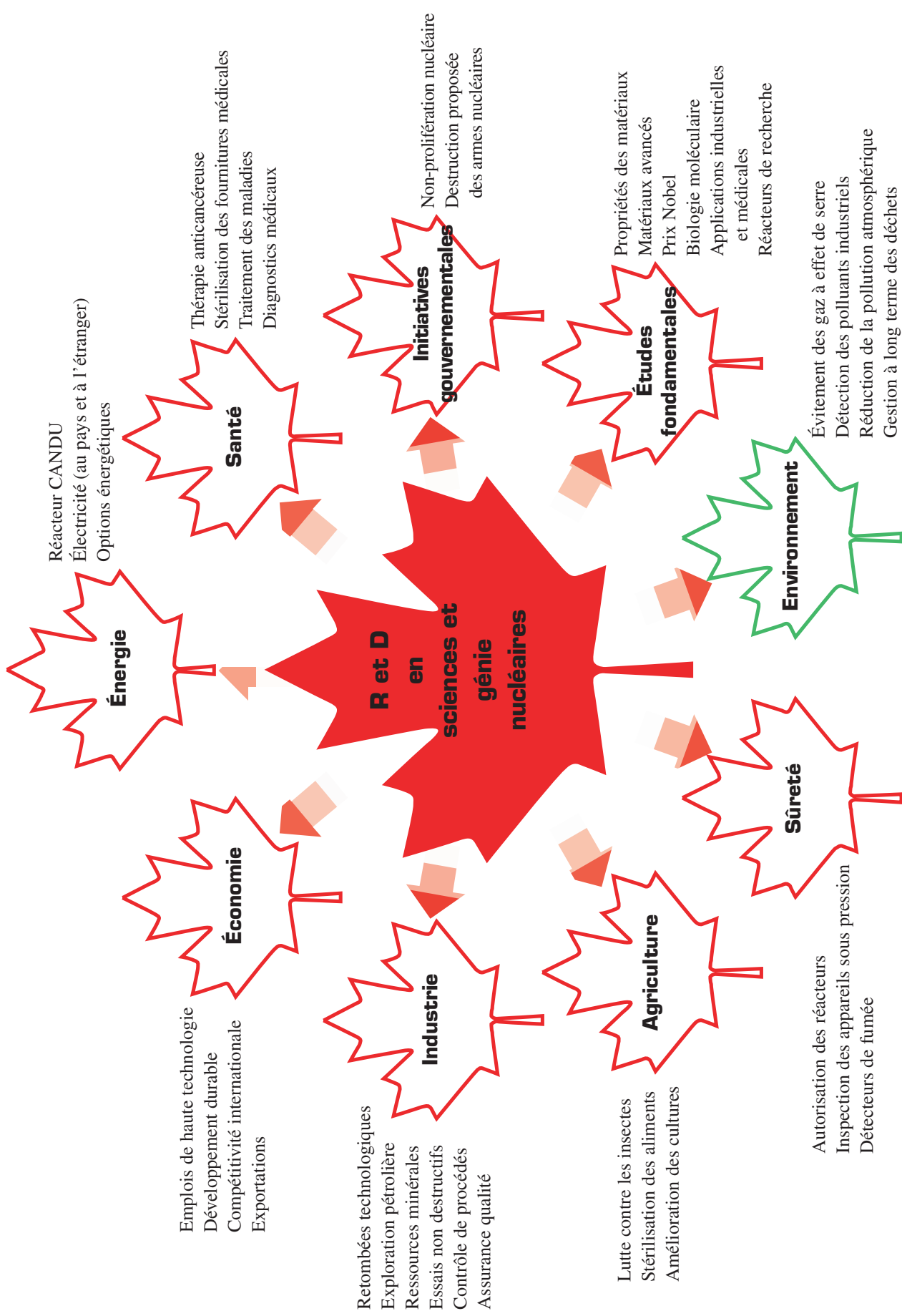


FIGURE 1 : AVANTAGES DE LA R ET D EN SCIENCES ET GÉNIE NUCLÉAIRES POUR LE CANADA

AVANTAGES CONTINUS DE LA R ET D NUCLÉAIRE

L'appui du gouvernement pour la R et D représente un investissement à long terme dans la technologie future que l'industrie privée, qui dépend du rendement à court terme des investissements, n'est pas capable de faire. On dispose de suffisamment de preuves pour montrer que les avantages qui restent encore à réaliser grâce aux investissements gouvernementaux en R et D dans les domaines des sciences et du génie nucléaires au Canada seront encore plus considérables que ceux déjà réalisés. Si l'on n'appuyait pas cette R et D, cela aurait pour conséquence de réduire notre compétitivité industrielle tant dans les secteurs nucléaires que non nucléaires. D'un autre côté, en appuyant la R et D en sciences et génie nucléaires, il en découlera à l'avenir des avantages au point de vue de l'économie, l'environnement, la sûreté, la politique énergétique, l'initiative internationale et la technologie pour le Canada. De plus, cela permettra au gouvernement de faire des choix que les pays n'ayant pas de programme de R et D nucléaire ne peuvent pas faire.

DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Pour que les Canadiens et les Canadiennes puissent continuer à avoir un haut niveau de vie et à jouir de nouvelles richesses, ils doivent compter sur une source d'énergie adéquate, fiable, différente et concurrentielle. L'électricité nucléaire a participé de façon importante à la création d'une source d'énergie pour le Canada, grâce à l'utilisation efficace du financement en R et D nucléaire. Les réacteurs CANDU du Canada ont produit plus d'électricité par dollar dépensé en R et D que les réacteurs de tout autre pays ayant un programme électronucléaire important. La part cumulative de l'électricité nucléaire au PIB a été de 71,8 milliards de dollars jusqu'en 2002, alors que l'aide gouvernementale à la recherche d'EACL jusque-là s'est chiffrée à environ 6 milliards de dollars. L'énergie nucléaire fournit actuellement 12 % de l'électricité du Canada et environ 40 % de celle de l'Ontario, pourcentages qui passeront respectivement à 17 % et 60 % lorsque les réacteurs sous cocon en Ontario seront remis en service. En utilisant le combustible nucléaire, l'Ontario a économisé plus de 36 milliards de dollars en opération de change en évitant les coûts du charbon importé. Par le passé, le coût de l'électricité des réacteurs nucléaires de l'Ontario a été inférieur à celui des centrales au charbon, et des études indiquent que la production d'électricité des centrales nucléaires actuelles et nouvelles continuera à être concurrentielle.

Au fur et à mesure que les centrales CANDU vieillissent, elles continuent à nécessiter l'appui de R et D pour assurer une exploitation sûre et économique et faire face aux événements imprévus. La résolution rapide par EACL et les compagnies d'électricité des problèmes qui ont surgi aux centrales de Darlington et de Pointe Lepreau dans les années 90 démontre l'importance de cet

*Par le passé,
le coût de l'électricité
des réacteurs nucléaires
de l'Ontario a été inférieur
à celui des centrales
au charbon.*

appui de R et D en vue de protéger les dépenses en capital importantes. Pour préserver et prolonger la durée de vie des centrales nucléaires, par exemple en remettant en état la centrale Pickering A d'Ontario Power Generation et de deux des quatre réacteurs de la centrale Bruce A de Bruce Power, on a également besoin de l'appui continu de la R et D. Aux États-Unis, le prolongement de la durée de vie des réacteurs actuels à 60 ans devient une réalité concurrentielle; jusqu'à présent, le permis d'exploitation de dix réacteurs a été prolongé jusqu'à 60 ans. Pour que les réacteurs CANDU puissent atteindre des objectifs de durée de vie semblables, des travaux continus de R et D de la part d'EACL et de compagnies d'électricité seront nécessaires. Si le financement de R et D est restreint, l'investissement du Canada dans l'énergie nucléaire pourrait être prématurément annihilé, entraînant des dépenses considérables pour le remplacement de l'énergie, en grande partie provenant des centrales à combustible fossile, ce qui augmentera la pollution atmosphérique. En outre, la commercialisation internationale des réacteurs CANDU serait sérieusement mise en péril, étant donné que les clients de réacteurs CANDU comptent sur l'appui de la R et D après-vente d'EACL.

Des emplois de haute technologie sont attribuables à l'investissement du Canada en R et D dans les domaines des sciences et du génie nucléaires. Quelque 150 entreprises et 3 000 autres sous-traitants dans tout le Canada bénéficient de chaque vente de réacteur CANDU à l'étranger. Pour s'assurer que les réacteurs CANDU restent concurrentiels, EACL met actuellement au point un nouveau type de réacteur CANDU, le réacteur CANDU avancé (ACR^{MC}), à dépenses d'investissement et frais d'exploitation considérablement réduits, rendement amélioré et caractéristiques de sûreté perfectionnées. L'ACR sera prêt à lancer sur le marché d'ici 2006. Sur le marché international, l'ACR sera en concurrence avec les types de réacteurs avancés d'autres fournisseurs, fondés sur des travaux de R et D effectués dans les laboratoires nationaux de pays comme les États-Unis, la France, l'Allemagne et le Japon. L'ACR a déjà attiré beaucoup d'attention sur la scène internationale. Dans sa proposition en vue de remplacer ses réacteurs refroidis par gaz qui se font vieux par des types avancés et économiques à compter de 2010 environ, British Energy, le principal exploitant de centrales nucléaires au Royaume-Uni, a signalé que l'ACR était seulement l'un des deux types de réacteurs qui conviendraient à cette fin. EACL et British Energy ont entrepris une étude conjointe en novembre 2001, qui est actuellement terminée, afin d'évaluer la faisabilité de l'utilisation de l'ACR au Royaume-Uni. Aux États-Unis, EACL et l'entreprise d'architectes-ingénieurs Bechtel ont convenu de travailler ensemble à l'implantation de l'ACR. Aux États-Unis également, trois compagnies d'électricité qui poursuivent un processus de sélection anticipée d'un site auprès de la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis ont retenu l'ACR comme modèle possible de réacteur pour leurs nouvelles centrales. Sur le marché mondial de l'énergie, où l'énergie nucléaire



*Son programme
électronucléaire et son
expérience en R et D
nucléaire offrent également
au Canada des choix
politiques, diplomatiques et
technologiques que ne
peuvent pas faire les pays
qui ne jouissent pas d'une
telle expertise.*

refait surface comme choix de prédilection, la compétitivité internationale du Canada serait menacée si le réacteur CANDU ne pouvait pas compter sur un solide appui de R et D.

Outre la production d'électricité, les réacteurs CANDU, en particulier l'ACR, peuvent servir à d'autres fins. Une étude menée récemment par EACL et une importante société pétrolière a montré que l'ACR se révélait prometteur au point de vue économique pour la récupération du pétrole des sables bitumineux de l'Athabasca, en produisant de la vapeur, de l'électricité et de l'hydrogène électrolytique pour la technologie de récupération éprouvée du processus de drainage par gravité au moyen de la vapeur. Une telle application aiderait à exploiter l'immense capacité énergétique des sables bitumineux pour le Canada et le monde entier. Cela permettrait aussi de réduire considérablement le besoin en gaz naturel à cette fin, réduisant ainsi la pollution atmosphérique et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

En raison des changements climatiques défavorables du globe qu'on perçoit, dus aux quantités croissantes de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, une entente internationale a été rédigée à la Conférence de Kyoto sur les changements climatiques de 1997, qui établit des cibles pour les émissions de GES des pays industrialisés. En vertu du Protocole de Kyoto, le Canada doit réduire de 6 % ses émissions de GES en dessous des niveaux de 1990 d'ici 2010. Le rôle que joue la production d'électricité nucléaire dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de pollution atmosphérique ressort clairement d'événements qui se sont déroulés en Ontario dans les années 90. Une réduction importante de la production nucléaire entre 1994 et 1998 s'est produite en raison de difficultés en matière d'entretien aux centrales Pickering A et Bruce A, qui se sont soldées par la mise sous cocon des réacteurs. La production nucléaire supplantée a principalement été remplacée par des centrales au charbon, ce qui a mené à des émissions accrues de CO₂, le GES principal, et des polluants atmosphériques, surtout le sulfure et l'oxyde d'azote, provenant des centrales au charbon. La remise en service de six des réacteurs sous cocon, qui est actuellement en cours, doit être terminée et les réacteurs remis en marche le plus tôt possible afin d'aider le Canada à atteindre la cible qu'il s'est engagé d'atteindre à Kyoto et à réduire la pollution atmosphérique.

En outre, pour éviter d'autres émissions de polluants atmosphériques et de GES, le Canada doit aussi construire de nouveaux réacteurs afin de remplacer les centrales au charbon désuètes et de répondre au besoin accru en électricité. Bien que de nouvelles sources d'énergie renouvelable puissent représenter de 5 % à 6 % environ de

l'approvisionnement en énergie électrique d'ici 2040, seule l'énergie nucléaire peut contribuer à la production d'électricité à charge de base à grande échelle tout en assurant la réduction des polluants atmosphériques et des émissions de GES.

La pollution de l'environnement est un problème mondial. Les grands pays en voie de développement très peuplés comme la Chine, qui dépendent fortement du charbon, continueront à être parmi les principaux pollueurs atmosphériques du monde. Au point de vue économique et environnemental, le Canada et le monde ont tout intérêt à inciter ces pays à intégrer l'énergie nucléaire dans leurs diverses sources d'énergie pour contribuer à leur développement durable. Avec la mise en service, en avance sur le calendrier et dans les limites du budget, du premier des deux réacteurs CANDU du palier 700 MW(e) en Chine, le Canada, par l'intermédiaire d'EACL, a fait un pas important à cet égard.

Les pratiques actuelles de gestion et de stockage des déchets de combustible nucléaire au Canada sont sûres et économiques et ces pratiques pourraient se poursuivre indéfiniment en toute sécurité. Le concept de stockage à long terme en formations géologiques profondes, mis au point par EACL, a été jugé sûr par un groupe d'experts indépendants. Récemment, le Parlement a promulgué une loi visant la création d'une Société de gestion des déchets nucléaires, financée par les compagnies d'électricité et EACL, qui sera responsable de l'élaboration et de la mise en application d'une stratégie de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire au Canada. Ainsi, les préoccupations sur la sûreté de la gestion et du stockage permanent des déchets de combustible nucléaire ne devraient pas imposer des contraintes sur la croissance future de l'énergie nucléaire au Canada. Il est important de reconnaître que les travaux continus de R et D d'EACL en matière de gestion et de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire seraient nécessaires même si toutes les autres activités nucléaires au Canada cessaient dès maintenant, afin que les Canadiens et les Canadiennes puissent être adéquatement protégés contre la radioexposition provenant des déchets déjà produits.

Sûreté et réglementation

La capacité de la R et D nucléaire est un critère pour l'autorisation et l'exploitation sûre des centrales nucléaires. La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), anciennement appelée la Commission de contrôle de l'énergie atomique, l'organisme de réglementation fédéral indépendant, exige que les titulaires de permis aient la capacité d'effectuer la R et D essentielle à l'exploitation sûre des centrales nucléaires au Canada. Les établissements d'EACL servent de ressource partagée pour les compagnies d'électricité. Ces établissements permettent de répondre aux questions de l'organisme de réglementation, et la CCSN y effectue également des recherches à contrat. Le Groupe des propriétaires de centrales

CANDU (GPC) a répondu à des questions antérieures de la CCSN, au sujet de l'à-propos de financement pour la R et D en matière de sûreté, en recommandant des mesures à prendre, dans l'ensemble de l'industrie, pour assurer la capacité de R et D de l'industrie nucléaire canadienne. Ces recommandations soulignent la nécessité d'obtenir l'appui continu du gouvernement pour la recherche reliée à la sûreté de longue durée effectuée par EACL.

Politique énergétique

L'énergie constitue l'une des ressources les plus importantes pour la société moderne. Des événements comme l'embargo pétrolier de 1973 et les menaces éventuelles aux infrastructures essentielles au lendemain des attentats terroristes aux États-Unis en septembre 2001 illustrent l'importance d'une politique nationale qui permettra de sauvegarder la source d'énergie du Canada tout en appuyant les objectifs mondiaux. La décision du Canada de développer l'énergie nucléaire a bénéficié au pays en tirant jusqu'à 17 % de notre énergie électrique d'une source essentiellement non polluante. Cette contribution, ajoutée à celle de 60 % des sources hydroélectriques, offre au Canada une électricité économique et fiable avec des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants atmosphériques bien inférieures par unité d'électricité produite par rapport aux autres pays industrialisés. Son programme électronucléaire et son expérience en R et D nucléaire offrent également au Canada des choix politiques, diplomatiques et technologiques que ne peuvent pas faire les pays qui ne jouissent pas d'une telle expertise.

Initiatives internationales

Le Canada est un membre du Groupe des Huit et, à ce titre, il peut participer largement au développement et au bien-être de la communauté mondiale et aider à atteindre les objectifs internationaux. La participation du Canada aux garanties internationales et aux initiatives de politique étrangère, comme la proposition de détruire le plutonium des armes nucléaires dans les réacteurs CANDU, ne sont possibles que du fait que le pays a un programme électronucléaire couronné de succès.

La Banque mondiale prévoit que la population mondiale atteindra environ 9 milliards d'ici 2050. L'énergie nucléaire peut présenter des avantages importants pour l'avenir des nouvelles sociétés en développement. Les réacteurs CANDU peuvent non seulement produire de l'électricité, mais ils peuvent servir au dessalement afin de fournir de l'eau douce à partir de l'eau de mer de façon suffisante pour répondre aux besoins agricoles, industriels et personnels des nations en développement très peuplées.



Technologie avancée

De nombreux pays ayant des programmes nucléaires fructueux disposent de laboratoires nationaux, où les gouvernements appuient l'infrastructure des laboratoires et fournissent le financement direct pour les activités qui sont dans l'intérêt national. Étant donné que certains programmes et ressources de R et D d'EACL intéressent les ministères gouvernementaux, la CCSN, les industries non nucléaires, les organismes de recherche et les universités, ils devraient être considérés comme un patrimoine national et être financés distinctement des activités commerciales d'EACL qui a été réorganisé sous le Conseil national de recherches du Canada.

EACL apporte des modifications au réacteur NRU, qui a 45 ans, aux Laboratoires de Chalk River afin d'assurer sa disponibilité pour la R et D essentielle qui est exigée en vue de la conception du réacteur ACR. À la longue, le réacteur NRU devra être remplacé par un nouveau réacteur de recherche, le Centre canadien de neutrons (CCN), qui doit répondre aux besoins fondamentaux de la recherche sur les matériaux industriels et biologiques en plus d'appuyer la R et D pour les réacteurs CANDU actuels, l'ACR et les concepts de réacteurs CANDU futurs. En raison de sa double fonction, EACL fera équipe avec le Conseil national de recherches du Canada pour présenter au gouvernement fédéral une demande de financement pour la conception et la construction du CCN. À long terme, le CCN sera essentiel à la R et D du CANDU et à la recherche sur la science des matériaux au Canada.

Le réacteur CANDU et l'économie d'hydrogène

Pour s'assurer que le Canada dispose d'une énergie adéquate au XXI^e siècle, il faudra repenser les moyens traditionnels de répondre aux diverses demandes d'énergie. À cet égard, il y a un débouché intéressant en ce qui a trait au système de transport au Canada : le remplacement du combustible fossile par l'hydrogène électrolytique. Grâce à l'aide du financement fédéral et à d'autres investissements des secteurs public et privé, le Canada est maintenant bien placé pour jouer un rôle important, à la fois technique et économique, dans la révolution mondiale de la technologie du transport. Les réacteurs nucléaires du Canada pourraient produire l'électricité pour les cellules d'électrolyse à haut rendement mises au point par le Canada, afin de fournir l'hydrogène pour la technologie de la pile à combustible du Canada qui doit alimenter les voitures, les autobus et les camions. Pour que cette initiative se poursuive à grande échelle, il sera nécessaire de construire des réacteurs CANDU supplémentaires et de développer l'infrastructure nécessaire. Cette révolution aiderait dans une large mesure à réduire la pollution atmosphérique et les émissions de CO₂ dans le secteur du transport. Une telle initiative pourrait aussi constituer une importante industrie d'exportation.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

- En vue de s'assurer que les Canadiens et les Canadiennes continuent à jouir des nombreux avantages de la technologie nucléaire, le gouvernement doit continuer à subventionner la R et D dans le domaine des sciences et du génie nucléaires. On dispose de suffisamment de preuves pour montrer que les avantages qui restent seront plus importants que ceux dont on a déjà bénéficié.
- La production d'électricité nucléaire continuera à être viable d'un point de vue économique et jouera un rôle essentiel dans la stimulation de l'économie nationale tout en protégeant l'environnement grâce à l'élimination des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre. On doit poursuivre la recherche pour appuyer et prolonger la durée de vie des réacteurs CANDU existants au Canada et à l'étranger et pour mettre au point le réacteur ACR ainsi que les concepts futurs à long terme.
- L'expérience du Canada dans le domaine nucléaire appuie les initiatives stratégiques et internationales du pays et notamment le contrôle des matières nucléaires et la possibilité de détruire le plutonium dans les réacteurs canadiens. Elle pourrait également appuyer d'autres initiatives en fournissant de l'électricité et de l'eau douce aux régions en développement dans le monde entier.
- Pour s'assurer qu'on continue de bénéficier des avantages de la technologie nucléaire, le Canada doit conserver sa base de recherche comme un patrimoine national. À long terme, le réacteur NRU sera remplacé par le Centre canadien de neutrons, une installation à double usage qui appuiera la recherche associée aux réacteurs CANDU et l'étude des matières biologiques et industrielles avancées.
- L'utilisation de l'énergie nucléaire pour produire du combustible à hydrogène révolutionnerait le transport et éliminerait de façon radicale l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. Le recours à l'énergie nucléaire pour récupérer économiquement le pétrole des sables bitumineux de l'Athabasca réduira le besoin de gaz naturel à cette fin et diminuera la pollution atmosphérique et les émissions de GES.

Comité consultatif de R et D au Conseil d'administration d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL)

David. A. Armstrong, Ph.D.
Professeur
Département de chimie
University of Calgary

Robin L. Armstrong, Ph.D.
Professeur émérite
Département de physique
University of Toronto

David J. Burns, Ph.D.
Vice-recteur à l'enseignement
Conestoga College

D^r Albert A. Driedger, Ph.D.
Professeur, Faculté de médecine
University of Western Ontario

Jon H. F. Jennekens
Jonor & Associates

John J. Jonas, Ph.D.
Titulaire de la chaire Birks
de métallurgie
Université McGill

Derek H. Lister, Ph.D.
Président, Génie nucléaire
Université du Nouveau-Brunswick

Ernest A. McCulloch, Ph.D.
Scientifique émérite principal
Institut du cancer de l'Ontario
Princess Margaret Hospital

J. Terry Rogers, Ph.D.
Professeur émérite
Département de génie mécanique
et aérospatial
Carleton University

Daniel Rozon, Ph.D.
Directeur, Département de génie
physique
École Polytechnique de Montréal

CANDU^{MD} (CANada Deutérium Uranium) est une marque de commerce déposée d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL).



Imprimé au Canada. Février 2003. D1322